



I. P. JEREBTOV

ELECTROTEHNICA ELEMENTARĂ

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ



EDITURA ENERGETICA DE STAT

I. P. JEREBȚOV

ELECTROTEHNICA ELEMENTARĂ

TRADUCERE DIN LIMBA RUSĂ



EDITURA ENERGETICĂ DE STAT
1954

Lucrarea de față (ediția II-a revizuită) cuprinde o expunere a principiilor elementare ale electrotehnicei, destinată radioamatorilor începători. Poate fi folosită ca manual pentru cercurile și cursurile de radio, precum și de către autodidacți.

И. П. ЖЕРЕБЦОВ
ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
СВЯЗЬИЗДАТ
1953

PREFAȚA

Studiul radiotehnicii moderne poate da rezultate foarte bune numai dacă ne însușim, în prealabil, bazele electrotehnicii. Totuși, manualele de electrotehnică cuprind de obicei un material prea încărcat, expus într-o formă greoaie. În lucrarea de față, autorul a expus într-o formă cât mai simplă și mai succintă bazele electrotehnicii, de care au nevoie toți radioamatorii. Pentru a-și putea însuși temeinic conținutul acestei broșuri, cititorul acestei cărți poate avea numai o pregătire de 6—7 clase de școală medie, în ceea ce privește problemele de matematică și fizică.

La ediția a II-a cuprinsul lucrării a fost îmbogățit mult, în comparație cu prima ediție: au fost adăugate două capitole noi și anume: „Aparate electrice de măsurat” și „Elemente și acumulatori”. Acest din urmă capitol are o importanță deosebită pentru radioamatorii din mediul rural. De asemenea, numeroase complectări au fost aduse și celorlalte capitole.

Lucrarea conține numai ceea ce este necesar pentru studiul bazelor elementare de radiotehnică.

Expunerea fiind succintă nu a permis tratarea unor probleme speciale din electrotehnică, în special cele privitoare la diferite mașini electrice (generatori, motoare electrice, grup motor-generator). Pentru aceleași considerente, broșura nu cuprinde întrebări și probleme pentru verificarea asimilării materiei expuse. Cu toate acestea, autorul are convingerea că lucrarea va fi utilă radioamatorilor și că va fi folosită ca manual al cercurilor de radio, precum și la diferite cursuri de radio.

Autorul va primi cu mulțumiri orice observații critice referitoare la lucrarea de față; aceste observații se vor expedia pe adresa editurii: Moscova—centru, Boulevardul Gistoprudnîi 2, Sviazizdat.

AUTORUL.

INTRODUCERE

Radiotehnica înseamnă teoria și tehnica folosirii diferiților curenți electrici pentru transmiterea fără fir a semnalelor, ea constituind unul din rezultatele dezvoltării electrotehnicii.

Intr-o mare măsură, electrotehnica modernă a fost creată de oamenii de știință și de către eminenții ingineri ruși. Bazele ei au fost puse de savantul M. V. Lomonosov, care încă în secolul al XVIII-lea s'a ocupat de studiul fenomenelor electrice. După V.M.Lomonosov, cercetări importante în domeniul electricității au fost făcute de V. V. Petrov profesor la Academia de medicină chirurgicală. În anul 1802, el a descoperit arcul electric, care servește și în prezent ca o sursă puternică de lumină, fiind întrebuințat foarte mult și la sudarea electrică precum și la topirea metalelor.

Academicianul E. H. Lenț a efectuat lucrări de o importanță excepțională în domeniul electricității. El a descoperit legile acțiunii termice a curentului și legile inducției electromagnetice.

În anul 1832, savantul rus P. L. Șilling a inventat telegraful electromagnetic. La crearea telegrafului electromagnetic, a motoarelor electrice și a altor aparate, un rol însemnat l-au avut și lucrările academicianului B. S. Iacobi.

Inventarea lămpii cu incandescență, de către inginerul rus A. N. Lodîghin, în 1873, a constituit un eveniment de o importanță mondială.

Iluminatul cu ajutorul lămpilor cu arc a fost înfăptuit pentru prima oară de P. N. Iablocicov, care a inventat transformatorul și alte aparate electrice. Ulterior, I. F. Usaghin a construit primul transformator electric din lume.

Inginerii ruși D. A. Lacinov, M. O. Dolivo-Dobrovolschi și R. E. Classon, au pus bazele transportului de energie electrică la mari distanțe.

Lucrările savanților ruși în domeniul electricității au contribuit la inventarea comunicațiilor prin radio, realizându-se practic în anul 1895 de către genialul fizician și inginer rus A. S. Popov. Această invenție a deschis o nouă epocă în știință și tehnică.

După Marea Revoluție Socialistă din Octombrie, dezvoltarea electrotehnicii și radiotehnicii în U.R.S.S. a pășit pe o nouă cale, calea socialistă. Sub conducerea lui V. I. Lenin și apoi a lui I. V. Stalin, lucrările pentru electrificarea și radioficarea Uniunii Sovietice au luat un mare avânt. Îndeplinirea cu succes a planurilor cincinale staliniste a asigurat o creștere uriașă a industriei electrotehnice și a electrificării diferitelor ramuri ale economiei naționale, precum și a cercetărilor științifice din domeniul electrotehnicii și radiotehnicii. În prezent, problemele din domeniul electrotehnicii și radiotehnicii nu mai sînt rezolvate de oameni de știință izolați, ci de mari colective de oameni de știință, ingineri, tehnicieni și muncitori. În multe domenii, lucrările oamenilor de știință sovietici au întrecut tehnica străină. În condițiile create de socialismul victorios, se dezvoltă într-un ritm nemai întîlnit aplicarea cea mai variată a electricității și a radiotehnicii în economia națională.

Dezvoltarea electrotehnicii are o importanță hotărîtoare pentru construirea comunismului în U.R.S.S. În geniala lucrare „Problemele economice ale socialismului în U.R.S.S.”, I. V. Stalin a arătat că singura definiție justă a comunismului este următoarea formulare leninistă: „Comunismul este Puterea Sovietică plus electrificarea întregii țări”. Pentru acest motiv, în conformitate cu directivele istorice ale Congresului al XIX-lea al Partidului cu privire la cel de al cincilea plan cincinal de dezvoltare a U.R.S.S., se desfășoară în Uniunea Sovietică lucrări gigantice de electrificare. Producția de energie electrică va crește pînă în anul 1955 cu 80%, puterea totală a centralelor electrice se va dubla; se construiesc numeroase

centrale electrice noi de putere diferită, printre care hidrocentrala de la Cuibîşev de foarte mare putere ; se înfăptuieşte construirea de noi şi importante linii de transport a energiei electrice, continuă să se dezvolte rapid industria electrotehnică şi electrificarea agriculturii.

Un număr foarte mare de amatori radiofonişti, care a apărut şi s-a întărit odată cu dezvoltarea electrotehnicii şi radiotehnicii sovietice, constituie o rezervă din rîndurile căreia în Uniunea Sovietică se scot în fiecare an cadre de radiofonişti, constructori şi tehnicieni talentaţi. Ca să cunoască această tehnică, radiofoniştii amatori trebuie să fie mereu la curent cu toate realizările importante.

Pentru aceasta, însă, ei trebuie să-şi însuşească, mai întâi de toate, cunoştinţele ştiinţifice. În lucrarea de faţă cititorul va găsi o expunere a celor mai elementare principii ale electrotehnicii. Prin însuşirea lor, el va putea rezolva multe probleme practice, va putea face unele calcule foarte simple şi va putea studia apoi principiile radiotehnicii moderne.

CAPITOLUL I

CURENTUL ELECTRIC

1. ELECTRONII ȘI SARCINILE ELECTRICE

Toate substanțele sînt compuse din particule foarte mici numite molecule, invizibile chiar la cel mai puternic microscop. La rîndul lor, moleculele se compun din particule mai mici, numite atomi. În interiorul atomilor tuturor substanțelor se află particule materiale și mai mici și extrem de mobile, numite electroni. Fiecare electron are o sarcină electrică negativă cu o valoare anumită.

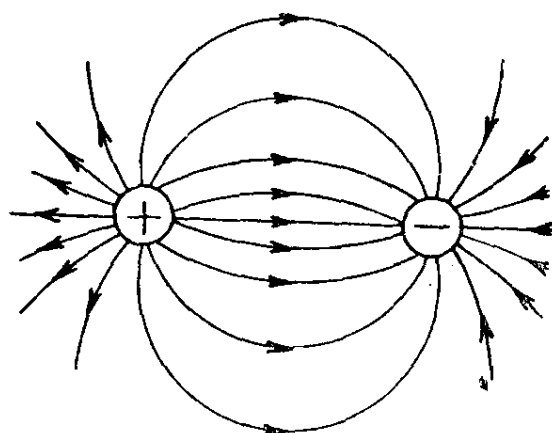
În orice atom, electronii au o mișcare de rotație foarte mare în jurul particulei centrale, care poartă denumirea de nucleu. În comparație cu electronul, nucleul este mult mai masiv, este mai puțin mobil și are o sarcină electrică pozitivă.

Cînd este un exces de electroni se obține o sarcină electrică totală negativă, care se notează cu semnul „minus” (—). Dimpotrivă, cînd este o cantitate insuficientă de electroni se obține o sarcină pozitivă, care se notează cu semnul „plus” (+). Sarcinile electrice de același semn, adică pozitivă cu pozitivă, sau negativă cu negativă se resping. Astfel, de exemplu, electronii se resping totdeauna. Dimpotrivă, sarcinile de semn opus, adică pozitive și negative se atrag.

Mediul material în care acționează forțele de atracție sau de respingere reciprocă între sarcinile electrice se află într-o stare deosebită și poartă denumirea de cîmp electric. Acest cîmp există totdeauna în jurul fiecărei sarcini electrice.

Se obișnuiește ca un cîmp electric să fie reprezentat prin săgeți numite linii de forță, care indică sen-

sul acțiunii forțelor electrice. S-a convenit să se considere că liniile de forță arată acțiunea câmpului asupra unei sarcini elementare pozitive. Cu alte cuvinte,



fiecare linie de forță reprezintă calea pe care, sub acțiunea câmpului electric, s-ar deplasa o sarcină elementară pozitivă. Deci, liniile de forță electrice pleacă totdeauna de la sarcina pozitivă spre cea negativă, după cum s-a reprezentat în fig. 1.

Fig. 1. — Câmpul electric a două sarcini cu semn contrar

Deoarece câmpul electric acționează asupra sarcinilor elec-

trice și le poate deplasa, rezultă că el posedă energie. Potrivit concepțiilor moderne, se consideră că energia sarcinilor electrice se află în câmpul lor electric.

2. CURENTUL ELECTRIC ȘI INTENSITATEA CURENTULUI

În unele substanțe, electronii se pot deplasa dintr-un atom în altul, sau între atomi*). Din aceste substanțe fac parte toate metalele, cărbunele, soluțiile de săruri, de acizi și alcaline, organismele vii și pământul, precum și toate materialele umede. Celelalte substanțe în care electronii nu se pot deplasa în acest fel, poartă denumirea de neconductoare, izolatoare sau dielectrice. Aerul și celelalte gaze, sticla, porțelanul, cauciucul, masele plastice, diferitele rășini și lichide uleioase, lemnul uscat, hîrtia uscată, țesăturile uscate și numeroase alte substanțe sunt izolatoare.

În conductorii solizi, curentul electric este datorit unei deplasări a electronilor.

*) Asemenea substanțe se numesc *conductori* de curent electric. (N. trad.)

Electronii se deplasează totdeauna din locul unde se află în exces, adică de la minus, spre locul unde se află în cantitate mai mică, adică spre plus. Cu toate acestea, în electrotehnică se obișnuiește să se considere că un curent se deplasează de la plus spre minus. Acest sens al curentului a fost stabilit în mod convențional încă înainte de descoperirea electronilor. Trecerea la adevăratul sens de deplasare a electronilor este legată de mari greutăți, deoarece ar fi nevoie de o modificare a tuturor cărților și manualelor de electrotehnică și radiotehnică.

Trebuie să menționăm că viteza de deplasare a electronilor în conductor este foarte mică și se măsoară în fracțiuni de centimetru sau milimetru pe secundă. Aceasta se explică prin faptul că electronii se ciocnesc tot timpul în calea lor de particulele conductorului. În schimb, viteza de propagare a curentului prin conductor este foarte mare, la fel cu viteza luminii, adică de 300 000 km/s. Dacă la un capăt al conductorului apare un curent, procesul transmiterii lui se face atât de rapid, aproape instantaneu, încît la celălalt capăt al conductorului, în mod practic, curentul va ajunge în același moment. Electronii se deplasează, însă, foarte încet, ciocnindu-se și frecîndu-se tot timpul cu particulele conductorului. Deaceia, electronii care s-au pus în mișcare la un capăt al conductorului, vor ajunge foarte tîrziu la capătul celălalt. Curentul din conductor se aseamănă cu scurgerea apei într-o țevă lungă umplută cu apă, care are la un capăt o pompă. Pompînd apa în țevă, presiunea se va transmite foarte repede, dealungul țevii de la o particulă a apei la alta, iar prin capătul celălalt al țevii, apa se va scurge. Apa introdusă de pompă se va deplasa mult mai încet și va ajunge la celălalt capăt al țevii, numai după un anumit timp.

Cu cît prin secțiunea transversală a conductorului vor trece într-o secundă mai mulți electroni, cu atît curentul va fi mai mare. Intensitatea curentului se notează cu litera *I* sau *i* și se măsoară în amperi. Cînd curentul este egal cu 1 amper, aceasta înseamnă că prin secțiunea transversală a conductorului, trece

într-o secundă o anumită cantitate de electroni, exprimată printr-un număr foarte mare: 6,3 urmat de 17 zero-uri. O noțiune despre ordinul de mărime al acestei cifre ne-o dă următorul exemplu. Dacă toți acești electroni nu vor trece dintr-odată, cu câte un milion pe secundă, pentru ca să treacă toți va fi nevoie de 200 mii de ani...

În lămpile obișnuite de iluminat, curentul are o valoare de câteva zecimi de amper. În aparatele electrice de încălzit, curentul este de câțiva amperi, iar în conductorii liniilor electrice de mare putere poate fi de mii de amperi și mai mult. Totuși, în multe cazuri, în special în aparatele de radio, curentul este mult mai mic de un amper. De aceea, de foarte multe ori se întrebuițează unități de măsură mai mici și anume: miliamperul, egal cu $1/1\,000$ din valoarea unui amper și microamperul egal cu $1/1\,000\,000$ din valoarea unui amper. Amperul se notează prescurtat cu litera A, miliamperul cu mA și microamperul cu μA .

3. MĂSURAREA CURENTULUI

Pentru măsurarea curentului se întrebuițează aparate speciale, numite ampermetre, care în schemele electrice se notează cu litera A, sau cu litera A încadrată într-un cerc (fig. 2). Uneori, pe acest cerc este trasată o săgeată. Ampermetrele prevăzute pentru măsurarea unor curenți mai mici au o scală divizată în miliamperi și poartă denumirea de miliampermetre.

Cînd este necesar să măsurăm un curent care trece printr-un conductor oarecare (fig. 2 a), trebuie să tăiem conductorul (fig. 2 b) și în locul întreruperii să conectăm aparatul de măsurat (un ampermetru sau miliampermetru) în modul reprezentat în fig. 2 c. În acest caz, întregul curent va trece prin aparat și va fi măsurat.

Aparatul conectat trebuie să fie calculat pentru un curent mai mare decît curentul care urmează a fi măsurat. Astfel, de exemplu, nu trebuie să conectăm un miliampermetru de 250 mA pentru măsurarea u-

nui curent de câțiva amperi, căci aparatul se va deteriora.

De multe ori, bornele pentru conectare ale aparatelor au semnele „+” și „-” sau numai un semn „+” și în acest caz, conectarea trebuie făcută ținându-se seamă de aceste semne, adică semnul plus să

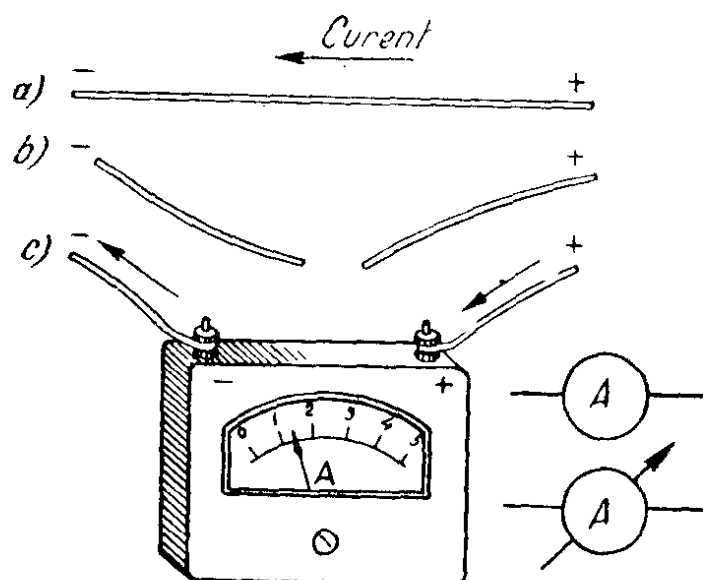


Fig. 2—Conectarea ampermetrului și semnul lui convențional

fie legat cu conductorul care are semnul plus și minus cu minus. Dacă nu respectăm această regulă acul indicator va devia în sens opus și se poate îndoi.

4. TENSIUNEA ȘI UNITĂȚILE EI

Tensiunea se notează cu litera U sau u și este a doua mărime fundamentală care caracterizează fenomenele electrice. Pentru ca printr-un conductor să treacă un curent electric, adică pentru ca electronii să se deplaseze dealungul conductorului, este nevoie ca la capetele acestui conductor să avem două stări electrice diferite sau, după cum se obișnuiește să se spună, potențiale electrice diferite. La un capăt trebuie să existe un exces de electroni, iar la celălalt capăt o cantitate insuficientă. Tensiunea caracterizează tocmai această deosebire între stările electrice, adică diferența între potențialele pe care le au capetele con-

ductorului. Se poate spune că tensiunea este cauza circulației curentului electric. Curentul trece prin conductor atunci când există tensiune.

La fel, gazele și lichidele se deplasează și ele dintr-un loc cu o presiune mai mare, în alt loc cu o presiune mai mică, adică numai când există o diferență de presiune. Căldura trece de la un corp la altul, numai dacă aceste corpuri au o temperatură diferită.

Unitate de măsură a tensiunii este voltul, care se notează cu litera V. În afară de aceasta, se întrebuințează și unități mai mici și anume: milivoltul (mV), adică $1/1\,000$ V și microvoltul (μ V), adică $1/1\,000\,000$ dintr-un volt; se mai întrebuințează și o unitate de măsură mai mare și anume: kilovoltul (kV) egală cu 1 000 V.

În rețelele electrice de iluminat, tensiunea este de 127 sau 220 V, iar în liniile electrice de înaltă tensiune, care pleacă de la centralele electrice, tensiunea este de sute de kV. În antena aparatului de radiorecepție se creează, sub acțiunea undelor care vin de la un post de radio îndepărtat, o tensiune care este numai de câțiva μ V.

5. MĂSURAREA TENSIUNII

Tensiunea este măsurată cu ajutorul unor aparate care poartă denumirea de voltmetre. În scheme, aceste aparate se reprezintă ca și ampermetrele, iar în interiorul cercului se scrie litera V (fig. 3).

Voltmetrul este folosit la măsurarea tensiunii, adică a diferenței de potențial electric dintre două puncte oarecare. De aceea, bornele voltmetrului vor fi conectate totdeauna la cele două puncte între care trebuie măsurată tensiunea. Astfel, în fig. 3 este reprezentată conectarea voltmetrului pentru măsurarea tensiunii dintre punctele A și B ale conductorului prin care trece curentul.

La conectarea voltmetrului trebuie să respectăm aceleași reguli de precauțiune ca și la conectarea ampermetrului.

Nu este îngăduit, de exemplu, să folosim un voltmetru cu o scală de 10 V la măsurarea unei tensiuni

necunoscute, care s'ar putea întâmpla să fie cu mult mai mare de 10 V și să deterioreze aparatul. De asemenea, trebuie acordată o mare atenție conectării corecte a polilor, dacă aceștia au notația scrisă pe ei.

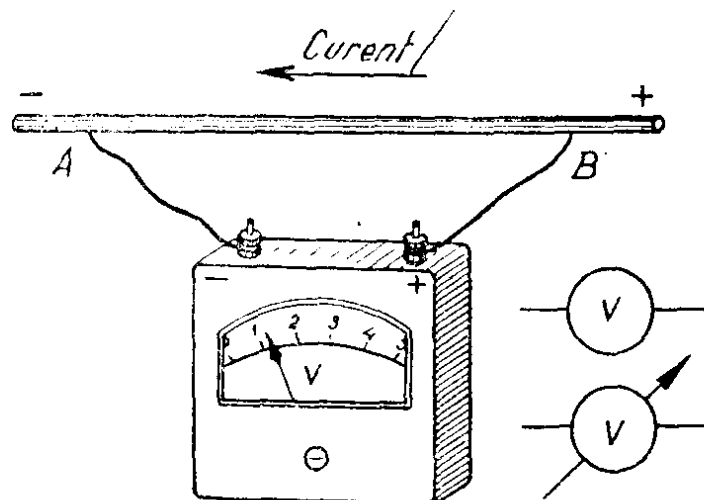


Fig. 3 – Conectarea voltmetrului și semnul lui convențional

6. SURSELE DE CURENT

În scopuri practice se utilizează deseori curentul continuu, a cărui mărime este invariabilă, avînd în permanență același sens. Pentru a obține un asemenea curent electric continuu, trebuie să avem o tensiune continuă. Tensiunea este creată de generatorii electrice sau de sursele de forță electromotoare.

Forța electromotoare, notată prescurtat f.e.m. este o mărime care caracterizează diferența de potențiale, adică diferența dintre stările electrice, create de sursa de f.e.m. Forța electromotoare se notează cu litera E sau e . Ca unitate de măsură a f.e.m. se utilizează aceleași unități ca și la măsurarea tensiunii.

Funcționarea unui generator electric se poate compara cu funcționarea unei pompe, care creează o presiune și asigură o deplasare continuă a gazelor, sau a apei prin țevă.

Sursele de f.e.m. sînt elementele galvanice, acumulatorii, dinamurile, etc. Acestea mai sunt numite surse de curent, surse de alimentare sau surse de energie electrică.

Pentru alimentarea aparatelor de radiorecepție, se întrebuințează adesea elementele galvanice și bateriile. Fiecare element galvanic se compune din două plăci, de obicei, din cărbune și zinc (care se numesc electrozi sau poli), introduse într-o soluție a unei substanțe chimice, denumită electrolit. Datorită reacției chimice care se petrece în element, la un pol se obține

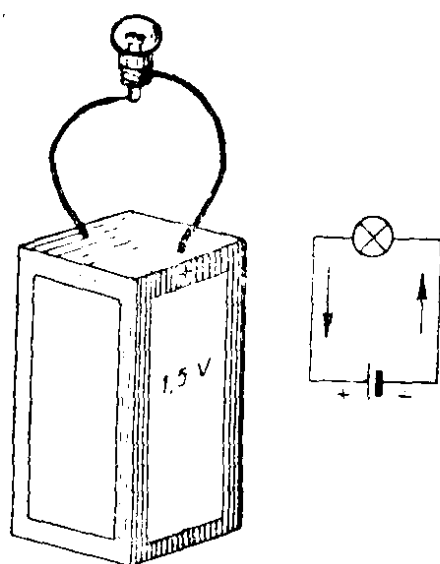


Fig. 4 — Cel mai simplu circuit electric și reprezentarea lui schematică

un exces de electroni, iar la celălalt, o lipsă de electroni. În felul acesta reacția chimică creează la poli elementului o f.e.m. continuă. La toate elementele, placa de zinc constituie polul negativ, iar placa de cărbune (la unele elemente din cupru), polul pozitiv.

Elementele uscate cele mai răspândite, au un electrod din zinc, confecționat în formă de vas rotund, sau dreptunghiular. În interiorul acestui vas se află un electrod de cărbune, iar ca electrolit ser-

vește o masă densă, gelatinoasă preparată din soluție de clorură de amoniu. Deasupra acestui element se toarnă un strat de smoală, prin care se scot capetele de sîrmă legate la electrozi. În fig. 4 este reprezentat aspectul unui element uscat, iar alături, schema lui convențională este făcută prin două liniuțe. Una din aceste liniuțe, scurtă și groasă, indică polul negativ, iar cealaltă, mai lungă și mai subțire, polul pozitiv.

F.e.m. a unui element uscat dă o tensiune de aproximativ 1,5 V. Curentul care poate fi obținut de la un singur element este cu atît mai mare, cu cît acesta are dimensiuni mai mari. Elementele care se folosesc în practică, pot produce un curent de la cîteva zeci pînă la cîteva sute de mA.

Pentru a obține o f.e.m. mai mare, se leagă împreună cîteva elemente, formînd o baterie. De cele mai multe ori, se utilizează legarea în serie a elementelor. În a-

cest caz, semnul plus al unui element este conectat cu semnul minus al celui de al doilea element, plusul celui de al doilea element cu minusul celui de al treilea, etc., după cum se arată în fig. 5. Minusul primului element și plusul ultimului rămân libere, constituind cei doi poli ai întregii baterii.

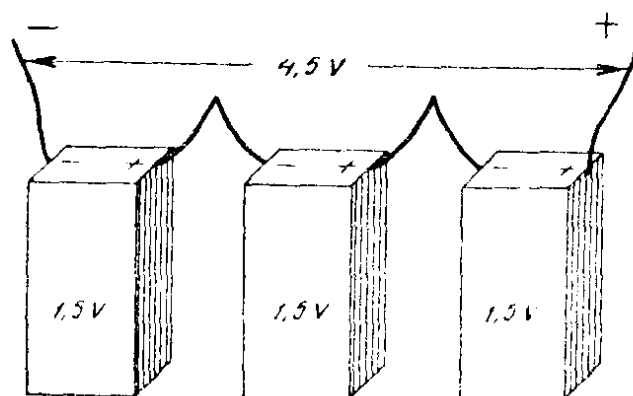


Fig. 5 – Conectarea în serie a elementelor

În scheme se reprezintă o baterie compusă din mai multe elemente legate în serie, fără conductorii de legătură dintre elemente. Dacă o baterie are prea multe elemente, se reprezintă numai primul și ultimul element, iar între aceștia se trage o linie punctată, care reprezintă celelalte elemente (fig. 6).

Cînd elementele sînt legate în serie, f.e.m. se mărește de atîtea ori cîte elemente s-au legat. Dacă sînt legate în serie trei elemente, avînd fiecare o f.e.m. de 1,5 V, întreaga baterie va avea f.e.m. de 4,5 V.

Pentru a obține tensiuni de cîteva zeci de V, se întrebuițează baterii uscate compuse din foarte multe elemente uscate, mici, legate în serie și așezate într-o cutie de carton comună. De multe ori, la aceste baterii există borne de ieșire nu numai de la polii extremi, ci și de la cîteva elemente intermediare, în scopul de a se putea obține de la baterie numai o parte din tensiunea ei totală.

Elementele galvanice au dezavantajul că după un anumit timp (aproximativ cîteva luni) devin inutile.

În afară de elementele galvanice, se folosesc foarte mult și acumulatorii, care se reprezintă în schemă la

fel ca și elementele. Acumulatorii se deosebesc prin faptul că ei trebuie încărcăți de la alte surse de curent continuu. Există două tipuri de acumulatori. Acumulatorii cu plumb, care au plăci de plumb într-o soluție de acid sulfuric și produc o f.e.m. de aproximativ

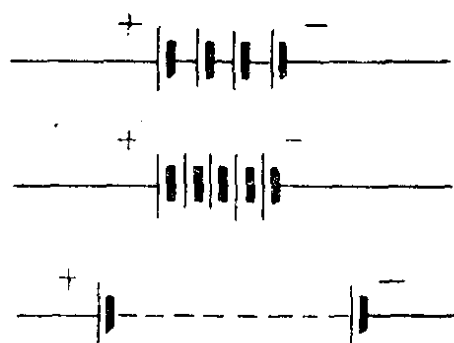


Fig. 6 — Reprezentarea convențională a legării în serie a elementelor

2 V și acumulatorii alcalini care au de obicei plăci de fier în soluție de sodă caustică și dau o f.e.m. de aproximativ 1,2 V.

Avantajul acumulatorilor este acela că pot da un curent mult mai mare decât elementele galvanice. Pe lângă aceasta, după ce s-au descărcat, ei pot fi din nou încărcăți. Incărcarea și descărcarea se poate

repetă de mai multe ori și de aceea acumulatorii au o durată de serviciu de câțiva ani.

Date mai amănunțite cu privire la elemente și acumulatori, se vor expune în capitolul VI.

*

CAPITOLUL II

CIRCUITUL ELECTRIC ȘI LEGILE LUI

7. CIRCUITUL ELECTRIC

Legînd prin conductori polii sursei de curent la aparatul care trebuie alimentat cu curent, de exemplu, la lampa cu incandescență reprezentată în schemă printr-un cerc mic cu cruciuliță sau numai printr-o cruciuliță, vom obține cel mai simplu circuit electric închis (fig. 4). Atîta timp cît sursa de curent este în acțiune, cît timp în element are loc o reacție chimică, în circuit va acționa o f.e.m. și va trece un curent. Dacă vom întrerupe circuitul electric într-un loc oarecare, curentul se va întrerupe. Forța electromotoare va continua însă să existe și în circuitul întrerupt.

Așa dar, pentru ca să circule un curent continuu, în afară de forța electromotoare, trebuie să mai existe și un circuit electric închis.

Fiecare circuit închis cuprinde o porțiune numită interioară, adică elementul, sau o altă sursă de curent și una exterioară, din care fac parte toate aparatele și conductorii conectați la sursa de curent.

În circuitul închis, fluxul de electroni se deplasează de la minusul sursei, prin circuitul exterior, de exemplu prin lampă, spre plusul sursei. Apoi trece în interiorul sursei de la plus spre minus. După cum am arătat mai sus, s-a convenit să se considere, că în circuitul exterior curentul se deplasează de la plus spre minus, adică în sens invers deplasării reale a electronilor. Pentru studiul diferitelor scheme mai complexe, este important să reținem, că în orice circuit închis curentul trece neapărat prin sursa f.e.m.

De asemenea, este important să cunoaștem bine de-

osebirea dintre f.e.m. și curent. Forța electromotoare care creează diferența de potențial între polii elementului galvanic, sau ale altei surse de curent, există independent de faptul că circuitul este închis sau nu, dacă există curent sau nu. Curentul, însă, poate avea o anumită valoare numai dacă circuitul este închis. Așa dar, f.e.m. este aceea care provoacă apariția curentului, iar curentul caracterizează însăși deplasarea electronilor. Tot astfel, dacă într-o rețea de apă toate robinetele sînt închise, apa nu va circula prin țevi și deci nu va putea fi vorba de vreun curent de apă, deși există o presiune a apei. Este suficient, însă, să deschidem un robinet pentru ca sub acțiunea acestei presiuni apa să înceapă să circule, iar în țevi să se obțină un anumit curent de apă.

Dacă în diferite părți ale unui circuit electric simplu, format dintr-un element închis printr-o lampă, vom conecta ampermetre, se va constata că toate indică aceleași valori. Un asemenea circuit este caracteristic prin faptul că toate aparatele lui, adică lampa, elementul, ampermetrele, sînt conectate în serie, unul după altul. Curentul trece succesiv prin toate aparatele sau prin toate porțiunile circuitului. Un asemenea circuit se numește circuit în serie, iar conectarea aparatelor din circuit, conectare în serie.

Intr-un circuit serie, curentul este același în orice punct. Această lege este foarte importantă, dar mulți comit adesea greșeala, socotind că un curent plecînd de la un pol al sursei se micșorează treptat pe parcursul său ajungînd la celălalt pol, mai slab. Aceasta ar însemna, că o parte din electroni se opresc undeva și se acumulează, ceea ce nu se întîmplă în realitate.

Legea invariabilității curentului în fiecare porțiune a unui circuit în serie rămîne valabilă, oricare ar fi numărul de aparate conectate în serie.

Nu trebuie să uităm însă că sursa f.e.m. este totdeauna legată în serie cu porțiunea exterioară a circuitului. De aceea, curentul în interiorul sursei de curent va fi același ca și în circuitul exterior. Cu alte cuvinte, prin generator, trece totdeauna curentul total, consumat de circuitul exterior.

8. REZISTENȚA ELECTRICĂ

Vom examina acum încă o valoare importantă care caracterizează circuitul electric.

Știm că diferitele substanțe nu conduc la fel curentul electric și de aceea ele se împart în materiale conductoare și dielectrice. Influența naturii conductorului asupra valorii curentului se stabilește cu ajutorul rezistenței electrice, numită mai simplu rezistență și care este în funcție de dimensiunile și de natura materialului conductorului. Rezistența provine din faptul că electronii curentului fiind în mișcare, se ciocnesc de particulele conductorului și-l încălzesc.

Cu cât un conductor este mai lung și mai subțire, cu atât rezistența lui este mai mare.

Argintul și cuprul au cea mai mică rezistență. O rezistență ceva mai mare o are aluminiul și una și mai mare — oțelul. În unele cazuri este nevoie să avem o rezistență mare pentru curent. Pentru asemenea cazuri se folosesc conductori fabricați din aliaje speciale cu rezistență mare ca: nichelina, constantanul, manganina, nicromul, etc. Rezistențe foarte mari se obțin utilizând cărbunele. Nicromul și alte câteva aliaje au o mare rezistență la căldură, adică rezistă mult la o temperatură înaltă și de aceea se întrebuințează la aparatele electrice de încălzit.

Pentru măsurarea rezistențelor se folosesc următoarele unități: ohmul, kilohmul, egal cu 1 000 ohmi și megohmul, egal cu 1 milion de ohmi. Aceste unități de măsură se notează prescurtat: Ω , $k\Omega$, $M\Omega$. O sîrmă de cupru de 1 m lungime și 0,15 mm diametru, are o rezistență de 1 Ω . Conductorii de legătură fabricați din cupru au totdeauna o rezistență foarte

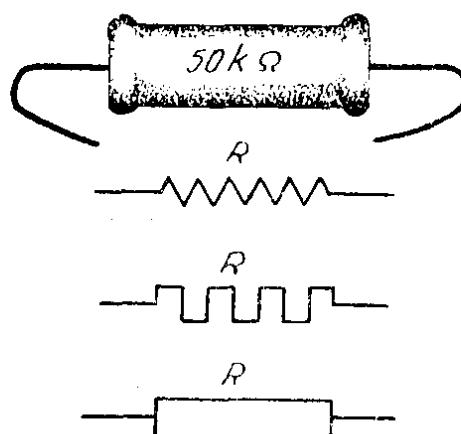


Fig. 7 — Vederea exterioră a rezistenței chimice și reprezentarea rezistențelor pe scheme

mică, de fracțiuni infime dintr-un Ω . Aparatele electrice de încălzit au o rezistență de câteva zeci de Ω , filamentele diferitelor lămpi electrice au o rezistență între zeci și sute de Ω , iar dielectricii — sute și mii de $M\Omega$. În aparatele de radio se întrebuintează rezistențe diferite, începînd de la unități de Ω , pînă la cîtiva $M\Omega$. În fig. 7 este reprezentat aspectul exterior al unei rezistențe din cărbune sau chimică, folosită în aparatajele de radio, precum și reprezentările convenționale din scheme. Rezistența se notează prin litera R sau r .

Rezistențele diferiților conductori pot fi calculate cu ajutorul tabeli 1 (vezi pagina 46).

9. LEGEA LUI OHM

Legea lui Ohm face legătura între valorile curentului, ale tensiunii și ale rezistenței, fiind legea fundamentală a electrotehnicii și radiotehnicii, cu ajutorul căreia pot fi studiate circuitele electrice. Multe legi din electrotehnică derivă din legea lui Ohm. De aceea, trebuie să avem o noțiune clară despre aplicarea acestei legi în cele mai variate cazuri, să înțelegem esența ei și să știm s-o folosim just în rezolvarea problemelor practice. În multe probleme din domeniul electrotehnicii și radiotehnicii se comit adesea greșeli tocmai din cauza neaplicării corecte a legii lui Ohm.

Legea lui Ohm prevede următoarele:

Cu cît tensiunea este mai mare și cu cît rezistența este mai mică, cu atît curentul este mai mare.

Mărind de câteva ori tensiunea din circuitul electric, curentul din acest circuit se va mări în aceeași măsură. Mărind de câteva ori rezistența circuitului, curentul se va micșora tot de atîtea ori. Tot astfel și curentul de apă din țeavă va fi cu atît mai mare cu cît presiunea este mai puternică și cu cît rezistența opusă de țeavă mișcării apei, va fi mai mică.

Pentru a putea reda matematic în mod simplu legea lui Ohm, se ia ca unitate de măsură a rezistenței, rezistența unui conductor în care se obține un

curent de 1 A la o tensiune de 1 V. Această rezistență este 1 Ω .

Curentul poate fi calculat în amperi, împărțind tensiunea în volți la rezistența în Ω . De aceea, legea lui Ohm, este exprimată de obicei prin următoarea formulă:

$$\text{curentul} = \frac{\text{tensiunea}}{\text{rezistență}}$$

Folosind notările prin litere vom avea:

$$I = \frac{U}{R}, \quad \text{sau } i = \frac{r}{r}$$

Calcululele pe baza legii lui Ohm sînt corecte dacă tensiunea este exprimată în volți, rezistența în Ω iar curentul în amperi. Dacă aceste valori sînt exprimate în alte unități, de exemplu în miliamperi, milivolți, megohmi, etc., trebuie să le transformămă respectiv în amperi, volți și ohmi. Pentru a pune în evidență acest lucru, formula legii lui Ohm este uneori scrisă în felul următor:

$$\text{amperi} = \frac{\text{volți}}{\text{ohmi}}$$

Curentul poate fi calculat și în miliamperi, dacă rezistența este exprimată în kilohmi, iar tensiunea în volți, etc.

$$\text{miliamperi} = \frac{\text{volți}}{\text{kilohmi}}$$

În această formă, formula este mai comodă pentru calculul circuitelor de radio.

Legea lui Ohm se poate aplica pentru orice porțiune din circuit. Dacă este nevoie să se determine curentul din porțiunea respectivă, tensiunea care acționează pe această porțiune va fi împărțită la valoarea rezistenței aceleiași porțiuni (fig. 8).

Dăm mai jos un exemplu de calculare a curentului după legea lui Ohm. Să presupunem că trebuie să aflăm curentul dintr-o lampă cu o rezistență de $2,5 \Omega$; tensiunea aplicată la filamentul lămpii este de 5 V. Împărțind 5 V la $2,5 \Omega$, vom obține un curent de 2 A.

Un al doilea exemplu: să aflăm curentul care se

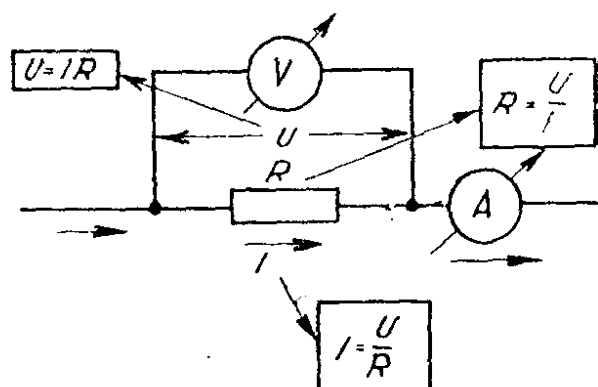


Fig. 8 — Aplicarea legii lui Ohm la o porțiune din circuit

obține sub acțiunea unei tensiuni de 500 V la o rezistență de $0,5 \text{ M}\Omega$. Pentru efectuarea calculului trebuie să exprimăm rezistența în Ohmi. Vom obține $500\,000 \Omega$. Dacă vom împărți 500 V la $500\,000 \Omega$, vom afla că valoarea curentului este de 0,001 A sau de 1 mA.

$$I = \frac{500}{500\,000} = 0,001 \text{ A}$$

Desesori, cunoscând curentul și rezistența va fi necesar să determinăm tensiunea cu ajutorul legii lui Ohm. În acest caz, formula legii lui Ohm va fi următoarea:

$$\text{tensiunea} = \text{curent} \times \text{rezistență}, \text{ sau } U = I \times R$$

Se mai poate scrie și în felul următor:

$$\text{volți} = \text{amperi} \times \text{ohmi}$$

sau

$$\text{volți} = \text{miliamperi} \times \text{kiloohmi}$$

Din formulele de mai sus rezultă că, cu cît rezistența este mai mare și cu cît curentul este mai mare, cu atît la capetele rezistenței sau porțiunii respective a circuitului, tensiunea va fi mai mare. Sensul acestei dependențe poate fi înțeles ușor. Dacă nu schimbăm valoarea rezistenței, curentul poate fi mărit numai prin mărirea corespunzătoare a tensiunii. Aceasta înseamnă că la o rezistență constantă, unui curent mai mare îi corespunde totdeauna o rezistență mai mare. Dacă dorim să obținem aceeași valoare a curentului la diferite rezistențe este evident că la o rezistență mai mare trebuie să se aplice în mod corespunzător și o tensiune mai mare.

De multe ori, tensiunea din porțiunea respectivă a circuitului este denumită *cădere de tensiune*. Acest termen dă loc la nedumeriri. Mulți cred despre „căderea” de tensiune că aceasta înseamnă o tensiune inutilă, pierdută. Noțiunile „de tensiune” și de „cădere de tensiune” sînt însă cu totul identice.

Modul de calculare a tensiunii cu ajutorul legii lui Ohm poate fi arătat prin exemplul de mai jos. Să presupunem că printr-o rezistență de $10\text{ k}\Omega$ trece un curent de 5 mA și că trebuie să determinăm căderea de tensiune din această rezistență. Exprîmăm curentul în amperi. Vom obține $0,005\text{ A}$. Înmulțind această valoare cu $10\,000\ \Omega$, vom afla că tensiunea este egală cu 50 V . Intr-adevăr: $U = I \cdot R = 0,005 \cdot 10\,000 = 50\text{ V}$. Același rezultat se putea obține și dacă am fi înmulțit direct 5 mA cu $10\,000\text{ k}\Omega$, adică $U = 5 \cdot 10 = 50\text{ V}$.

Să luăm al treilea și ultimul exemplu de aplicare a legii lui Ohm și anume calculul valorii rezistenței, cînd sînt cunoscute: tensiunea și curentul. În acest caz, formula se scrie astfel:

$$\text{rezistența} = \frac{\text{tensiune}}{\text{curent}}, \text{ sau } R = \frac{U}{I}$$

Se mai poate scrie și în felul următor:

$$\text{ohmi} = \frac{\text{volți}}{\text{amperi}}, \text{ sau } \text{kilohmi} = \frac{\text{volți}}{\text{miliamperi}}$$

Rezistența este totdeauna un raport între tensiune și curent.

Dacă tensiunea aplicată la o rezistență dată va fi mărită sau micșorată de cîteva ori, curentul se va mări sau micșora în aceeași proporție, iar raportul dintre tensiune și curent, egal cu valoarea rezistenței, va rămîne neschimbat.

Pentru rezistență, formula legii lui Ohm, nu trebuie înțeleasă în sensul că rezistența unui conductor este în funcție de curent și de tensiune. Se știe că rezistența depinde numai de lungimea, grosimea și felul materialului conductorului. Deși în aparență formula pentru determinarea rezistenței se aseamănă întrucîtva cu formula pentru calculul curentului, totuși, între acestea există o deosebire principială. Curentul din porțiunea respectivă a circuitului, este într'adevăr în funcție de tensiune și de rezistență și variază în funcție de variația acestor mărimi. Rezistența porțiunii respective a circuitului are, însă, o valoare constantă, care nu depinde de variațiile tensiunii și curentului, dar este egală cu raportul dintre aceste valori. Numai astfel trebuie înțeleasă a treia variantă a formulei legii lui Ohm.

Dacă la două rezistențe oarecare se obține același curent, iar tensiunile aplicate la aceste rezistențe sunt diferite, este clar că rezistența la care se aplică o tensiune mai mare are o valoare corespunzător mai mare. Dacă sub acțiunea uneia și aceleași tensiuni în două rezistențe diferite se obține un curent diferit, curentul mai mic va fi totdeauna în rezistența mai mare. Toate acestea, rezultă din formularea fundamentală a legii lui Ohm, adică din faptul că, un curent este cu atît mai mare, cu cît tensiunea este mai mare, iar rezistența, mai mică.

În exemplul de mai jos vom arăta calcularea rezistenței potrivit legii lui Ohm. Să presupunem că trebuie să aflăm mărimea rezistenței prin care, la o tensiune de 40 V, trece un curent de 50 mA. Vom exprima curentul în amperi: $I = 0,05$ A. Împărțind 40 la 0,05, vom afla că rezistența este de 800Ω :

$$R = \frac{40}{0,05} = 800 \Omega,$$

10. LEGAREA IN SERIE

La examinarea oricărui circuit electric, fie el simplu sau complex, trebuie să înțelegem totdeauna ce se petrece cu mărimile electrice de bază și anume cu intensitatea*, rezistența și tensiunea. Circuitul în serie este un circuit de bază. După cum s-a mai arătat, circuitul închis este o legare în serie a porțiunii exterioare a circuitului cu sursa și în circuitul în serie,

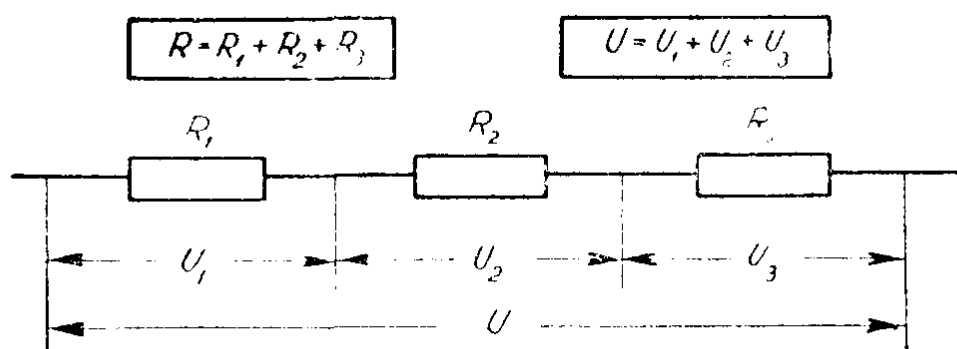


Fig. 9—Legarea rezistențelor în serie

curentul este pretutindeni același. Vom analiza acum celelalte legi importante ale circuitului în serie.

Să presupunem să avem un circuit electric la care sînt conectate în serie cîteva rezistențe R_1 , R_2 , R_3 , deci cîteva aparate cu rezistențe diferite (fig. 9). Ne putem da seama ușor, că *rezistența totală R a circuitului în serie este egală cu suma rezistențelor*:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

Cu alte cuvinte, în cazul rezistențelor lagate în serie, rezistența circuitului crește. Curentul străbate toate rezistențele una după alta, ceea ce echivalează cu creșterea lungimii conductorului.

În fiecare porțiune a circuitului tensiunea se repartizează în raport cu rezistența acelei porțiuni. În porțiunea cu rezistență mai mare, căderea de tensiune, este în mod corespunzător, mai mare. Tensiunea to-

*) În loc de intensitatea curentului se mai spune pe scurt „curent“. (N. trad.)

tală U , aplicată la un circuit în serie, este egală totdeauna cu totalul tensiunilor din fiecare sector :

$$U = U_1 + U_2 + U_3.$$

Această împărțire a tensiunii totale, între porțiunile circuitului, rezultă din legea lui Ohm. Tensiunea din orice porțiune se stabilește prin produsul dintre curent și rezistența porțiunii respective. Curentul este însă peste tot același. De aceea, tensiunea din fiecare porțiune a circuitului, este în funcție de rezistență.

Să lămurim aceste proprietăți ale circuitului în serie printr-un exemplu numeric. La o rețea electrică, cu o tensiune $U = 120 \text{ V}$ sînt conectate două rezistențe $R_1 = 20 \Omega$ și $R_2 = 40 \Omega$, legate în serie. Să aflăm rezistența totală a circuitului R , curentul I și tensiunea pe fiecare porțiune, U_1 și U_2 . Rezistența totală este egală cu suma rezistențelor și anume : $R = 20 + 40 = 60 \Omega$. Curentul îl vom afla prin împărțirea tensiunii totale de 120 V la rezistența totală de 60Ω :

$$I = \frac{120}{60} = 2 \text{ A}.$$

Inmulțind curentul cu rezistența fiecărei porțiuni, vom stabili tensiunea pe fiecare porțiune și anume :

$$U_1 = 2 \cdot 20 = 40 \text{ V}; U_2 = 2 \cdot 40 = 80 \text{ V}.$$

Suma acestor tensiuni este egală cu tensiunea totală de 120 V .

Vom analiza acum încă cîteva proprietăți ale circuitului în serie. Variind rezistența unei porțiuni din circuitul în serie, curentul se va schimba nu numai în această porțiune, ci și în toate celelalte porțiuni ale circuitului. În același timp se vor schimba și tensiunile din diferitele porțiuni. Se va produce o nouă repartizare a tensiunii în circuit. Dacă circuitul s-a întrerupt într-o porțiune, evident că nu va mai circula curent în întregul circuit.

Așa dar, funcționarea întregului circuit depinde foarte mult de fiecare porțiune. Nu putem schimba funcționarea unei porțiuni oarecare a circuitului, fără a influența celelalte porțiuni. Uneori, această proprie-

tate a circuitului în serie constituie un neajuns. Astfel, legînd în serie niște lămpi de iluminat, dacă deconectăm una dintre aceste lămpi se vor stinge și celelalte. Pe lîngă aceasta, pentru a obține un anumit curent în circuitul în serie, la creșterea numărului rezistențelor conectate, trebuie să mărim tensiunea, lucru care nu este posibil totdeauna.

11. LEGEA LUI OHM PENTRU ÎNTREGUL CIRCUIT

Fiecare sursă de curent are ea însăși o anumită rezistență. Această rezistență poartă denumirea de rezistență internă și se notează cu R_i . Electronii deplasîndu-se în interiorul sursei, întîmpină aici o rezistență ca și în orice alt conductor (fig. 10). Valoarea R_i pentru diferite surse, este extrem de variată, putînd avea valori între fracțiuni de ohm și pînă la mii și chiar milioane de ohmi. Surse de curent mai puternice, capabile să producă un curent mai mare, au de obicei o valoare mai mică a lui R_i . La sursele cu puterea mai mică însă, R_i este mai mare. De exemplu, acumulatorii au R_i egal cu sutimi de ohm. La elementele uscate R_i poate varia între zecimi de ohm și cîțiva ohmi, iar la bateriile uscate, cu multe elemente legate în serie, R_i ajunge pînă la zeci și chiar sute de ohmi. Pe măsura descărcării, rezistența internă a elementelor și acumulatorilor se mărește.

Dacă rezistența internă a unui generator este foarte mică în comparație cu rezistența circuitului exterior, ea nu este luată în considerare, dar aceasta nu este totdeauna admisibil.

Rezistența totală a întregului circuit închis, care, după cum știm, este o legare în serie a sursei cu circuitul exterior, este egală cu suma rezistențelor exterioară și internă :

$$R_{tot} = R + R_i .$$

Această valoare a rezistenței totale determină curentul din circuit. Cînd prin rezistența internă a sursei trece un curent, la sursă, ca și la orice altă re-

zistență se obține o cădere de tensiune U_i , care poate fi calculată prin înmulțirea curentului cu rezistența și anume: $U = I \cdot R_i$. Cu alte cuvinte, o parte din f.e.m. a sursei se cheltuiește pentru învingerea rezistenței interne a sursei.

Căderea de tensiune U_i din interiorul sursei pentru rezistența lui internă R_i reprezintă o pierdere. Tensiunea circuitului exterior, U ,

este totdeauna mai mică decât f.e.m. a sursei, E , această diferență fiind egală cu valoarea acestei căderi interne de tensiune. Deci, putem scrie:

$$U = E - U_i,$$

sau

$$U = E - I \cdot R_i.$$

Prin urmare, f.e.m. a sursei este suma căderii de tensiune pe R și R_i , adică $E = U + U_i$.

Tensiunea circuitului exterior, U , nu este altceva decât tensiunea de la bornele sau polii sursei, deoarece capetele circuitului exterior sînt conectate la polii sursei. Legînd la bornele unei surse un voltmetru, acesta va indica tocmai această tensiune (fig. 11 a) însă nu căderea tensiunii din interiorul generatorului. Aceasta nu poate fi măsurată în general cu voltmetrul.

După cum se vede, între noțiunile de f.e.m. și tensiune, există o oarecare deosebire. F.e.m. acționează în întregul circuit închis, iar tensiunea este diferența de potențiale numai într-o porțiune oarecare a circuitului, de exemplu în porțiunea exterioară a acestuia. De aceea, tensiunea este totdeauna mai mică decât f.e.m., ea reprezentînd numai o parte din f.e.m.

Dacă rezistența internă a sursei este mică, în acest

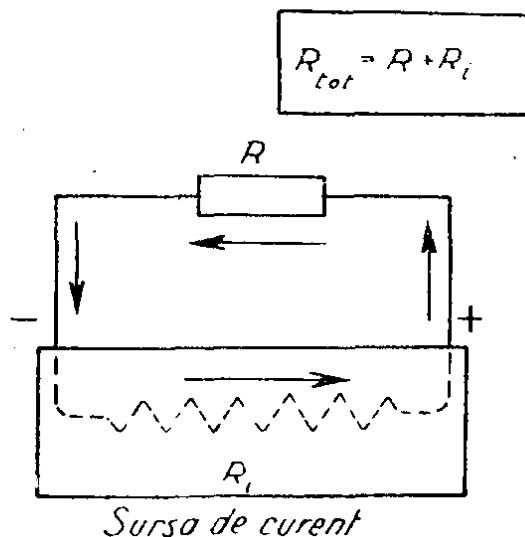


Fig. 10 — Rezistența interioară a sursei de curent

caz și căderea de tensiune în ea va fi mică putîndu-se considera cu aproximație că tensiunea la bornele sursei este egală cu f.e.m. a acesteia, $U \approx E$. Este posibil și cazul, în care diferența de potențiale de la polii sursei să fie egală cu f.e.m. Aceasta are loc cînd circuitul exterior este deschis. În acest caz, curentul va fi egal cu zero și de aceea în interiorul sursei nu e-

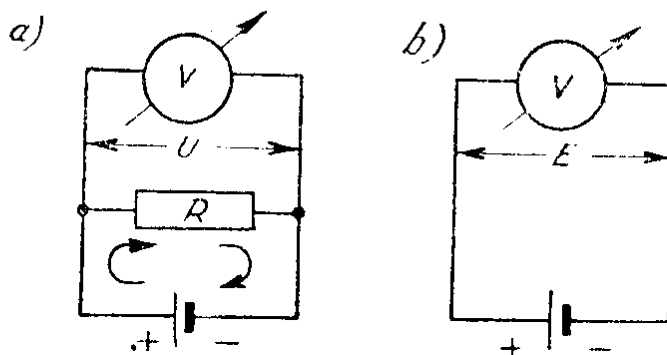


Fig. 11—Măsurarea tensiunii la bornele sursei de curent (a) și măsurarea f.e.m. (b)

xistă cădere de tensiune ($U_i = 0$). Aceasta înseamnă că f.e.m. poate fi determinată ca o diferență de potențiale la polii unei surse cu circuitul deschis. Pentru a măsura f.e.m. a unei surse de curent, trebuie conectat la polii acesteia un voltmetru, deconectînd circuitul exterior (fig. 11 b).

Curentul din circuitul închis trebuie calculat prin împărțirea valorii f.e.m. la valoarea rezistenței totale a circuitului, adică la suma rezistențelor exterioară și interioară și anume :

$$I = \frac{E}{R + R_i}, \quad \text{sau } I = \frac{E}{R_{tot}}$$

De obicei, această relație se numește legea lui Ohm pentru întregul circuit.

Să examinăm următorul exemplu de aplicare a acestei legi. Avem o sursă de curent electric a cărei f.e.m. este $E = 60 \text{ V}$, iar $R_i = 100 \Omega$. La această sursă de curent este conectată o rezistență $R = 500 \Omega$. Trebuie să aflăm curentul din circuit, tensiunea la bornele

sursei și căderea de tensiune pe rezistența internă. Această problemă nu este greu de rezolvat. Rezistența totală a circuitului va fi : $R_{tot} = R_i + R = 100 + 500 = 600 \Omega$. Împărțind valoarea f.e.m. la valoarea rezistenței totale a circuitului, vom obține valoarea curentului, adică $0,1 \text{ A}$; $I = 60 : 600 = 0,1 \text{ A}$.

Aplicînd pentru rezistența exterioară legea lui Ohm, adică înmulțind curentul cu rezistența exterioară, vom afla că tensiunea la bornele sursei de curent este de 50 V , adică $U = I \cdot R = 0,1 \cdot 500 = 50 \text{ V}$. De aci rezultă clar că, tensiunea consumată în interiorul sursei de curent este de 10 V . Această valoare mai poate fi aflată și prin aplicarea legii lui Ohm pentru rezistența internă. Înmulțind curentul cu R_i , vom obține, de asemenea 10 V , adică $U_i = I \cdot R_i = 0,1 \cdot 100 = 10 \text{ V}$.

Este interesant să lămurim cum variază tensiunea U la bornele sursei, în cazul micșorării rezistenței exterioare R , care de multe ori este denumită rezistența sarcinii. Continuînd cu acest exemplu, să presupunem că R s'a micșorat pînă la 200Ω . În acest caz, $R_{ot} = 300 \Omega$. Curentul va deveni egal cu $0,2 \text{ A}$. Aplicînd din nou legea lui Ohm pentru rezistența exterioară, vom afla că $U = 40 \text{ V}$, iar $U_i = 20 \text{ V}$.

După cum se vede, micșorarea rezistenței exterioare este însoțită de descreșterea tensiunii la bornele generatorului și de creșterea tensiunii consumate în rezistența internă. Înseamnă deci, că micșorarea rezistenței exterioare nu este convenabilă. Cu cît rezistența exterioară este mai mică, cu atît tensiunea utilă la bornele sursei va fi mai mică și cu atît pierderea de tensiune din interiorul sursei va fi mai mare.

Să presupunem că rezistența exterioară a fost micșorată pînă la zero, de exemplu polii sursei au fost uniți printr-un conductor, care are o rezistență foarte mică. Acest caz poartă denumirea de scurtcircuitare (fig. 12 a). Curentul de scurtcircuit va fi cel mai mare curent, întrucît în circuit va rămîne numai rezistența internă, ea putînd fi aflată împărțind valoarea

f.e.m. la valoarea rezistenței interne. Tensiunea utilă la bornele sursei va deveni egală cu zero, iar întreaga f.e.m. va acționa asupra rezistenței interne.

Scurtcircuitul este o funcționare cu totul inutilă a sursei. Rezistența de sarcină nu există și întreaga energie a sursei se pierde în rezistența internă. Regimul de scurtcircuit, nu numai că este fără niciun fo-

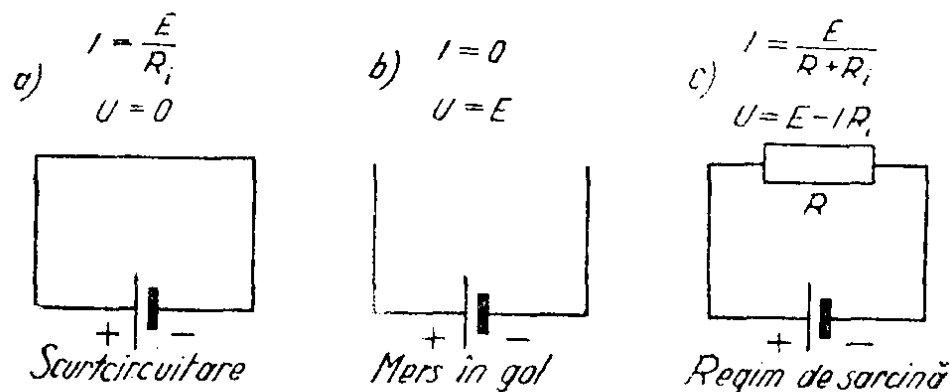


Fig. 12 — Diferite regimuri de funcționare a sursei de curent

los, dar este și extrem de periculos pentru multe surse, deoarece în acest regim valoarea curentului poate depăși limita admisibilă pentru sursa respectivă. Aceasta se referă în special, la surse cu R_i mic, de exemplu la acumulatori, la care prin scurtcircuitare se obține un curent foarte mare.

Cazului de scurtcircuitare îi este opus cazul arătat mai sus, unde circuitul exterior este deschis, iar în circuit nu există curent, adică atunci când sursa (generatorul) lucrează în gol sau în regim de mers în gol (fig. 12 b). În acest regim, tensiunea la bornele generatorului este maximă și egală cu f.e.m. Acest caz este cel mai convenabil în ceea ce privește obținerea celei mai mari tensiuni utile.

Dacă rezistența exterioară este de câteva ori mai mare decât rezistența interioară, tensiunea pierdută în interiorul generatorului este mică, iar tensiunea la bornele generatorului este aproape egală cu f.e.m. Acest regim de sarcină a generatorului, este aproape totdeauna cel mai convenabil.

Pierderile de tensiune au loc nu numai în rezistența interioară, ci și în conductorii de legătură. De

multe ori această pierdere este neglijată în calcule, deoarece rezistența conductorilor de legătură este de obicei, foarte mică. Dacă, însă, conductorii au o lungime mare, sau când curentul este mare, căderea de tensiune în conductori poate fi destul de mare, iar tensiunea utilă în rezistența de sarcină se va micșora. Ca exemplu poate servi micșorarea tensiunii în rețeaua electrică în orele de încărcare maximă, seara. În timpul zilei și în timpul nopții, când consumul de curent este relativ mic, căderea de tensiune din conductorii rețelei este mică și de aceea tensiunea la care sînt supuse lămpile sau alimentarea receptorilor din rețea are o valoare normală, de exemplu, 127 v. Seara consumul de curent crește foarte mult, căderea de tensiune din conductori se mărește, iar tensiunea utilă din lămpi scade pînă la 100 sau 90 V, iar uneori la o valoare și mai mică.

12. LEGAREA ÎN PARALEL

În afară de legarea în serie, în electrotehnică și în radiotehnică se întrebuintează foarte mult legarea în paralel (fig. 13), care prin proprietățile sale este complet opusă legării în serie.

La legarea în paralel, curentul total care vine de la generator se împarte în mai mulți curenți, în funcție de numărul rezistențelor conectate. Toți acești curenți parțiali I_1 , I_2 , I_3 , trec concomitent prin rezistențele R_1 , R_2 , R_3 .

Punctele A și B, în care curentul se desparte, sau se unește, poartă denumirea de noduri. Împărțirea curentului se numește ramificare, iar fiecare rezistență conectată în paralel, de multe ori este denumită ramură sau ramificație.

Spre deosebire de legarea în serie, pentru care este caracteristic faptul că în toate punctele circuitului curentul are aceeași valoare, la legarea în paralel, în toate rezistențele conectate, tensiunea este aceeași. Fiecare rezistență este ca și cum ar fi conectată la polii generatorului. Neglijînd rezistența conductorilor de legătură, putem considera că tensiunea generatorului este

aplicată în același timp la fiecare ramură a circuitului. Mulți comit în această privință greșeala, crezând că dacă rezistențele ramurilor sînt diferite, tensiunile ar fi și ele diferite. Nu trebuie să uităm că indiferent de valoarea rezistențelor conectate în paralel, tensiunea este totdeauna aceeași.

Ramificarea curentului la legarea în paralel se face pe baza următoarei legi :

suma curenților care pleacă dintr-un nod, adică suma curenților ramurilor este egală cu curentul total care circulă de la generator spre nod, adică :

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

În nod nu pot exista pierderi de electroni. De asemenea, aici nu se poate crea o cantitate suplimentară de electroni. De aceea, numărul total de electroni care trec într-o secundă prin secțiunea transversală a tuturor ramurilor este același ca și în conductorul comun înainte de nod. Bineînțeles că și pentru cel de al doilea nod, în care toți curenții se unesc, este valabilă aceeași regulă : suma curenților care vin spre acest nod, este egală cu curentul care pleacă din acest nod.

Această lege se aplică și apei, de exemplu, în cazul cînd un rîu se ramifică în două brațe. Cantitatea totală de apă, care trece prin brațe este totdeauna egală cu cantitatea de apă din albia principală, deoarece în locul de ramificație, apa nu dispare nicăeri și nici nu vine în plus din altă parte.

Această lege este o consecință a legii examinate mai sus, cu privire la invariabilitatea valorii curentului din fiecare punct al unui circuit în serie. Într-adevăr, deși ramurile sînt legate între ele în paralel, toate,

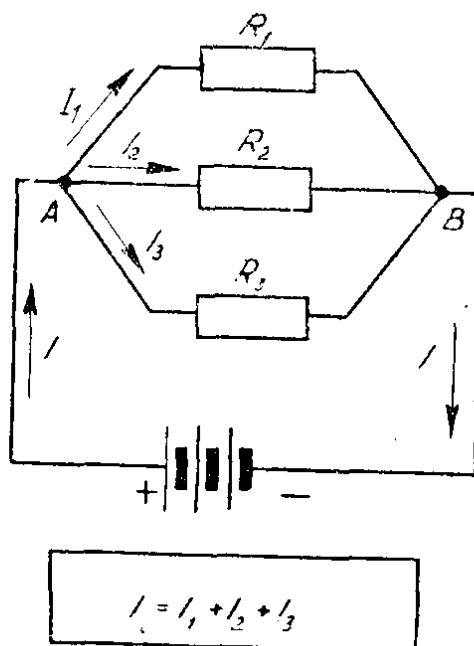


Fig. 13 — Legarea rezistențelor în paralel

însă, considerate împreună sînt conectate în serie cu sursa de curent. De aceea, curentul total din ele trebuie să fie același ca și în celelalte puncte ale circuitului.

Aplicînd legea lui Ohm pentru fiecare ramură în parte, putem stabili cu ușurință modul cum se împarte curentul în cazul cînd este vorba de legarea în paralel. Dacă rezistențele conectate sînt egale, curentul se va împărți în mod egal. Dacă sînt conectate în paralel patru rezistențe egale, prin fiecare va trece $\frac{1}{4}$ din curentul total. Lucrurile se complică într-o anumită măsură, dacă ramurile nu au aceeași rezistență. Deoarece tensiunea este aceeași la toate ramurile, curenții din ele sînt diferiți. Acolo unde rezistența este mai mare, curentul va fi mai mic și, dimpotrivă, printr-o ramură cu o rezistență mai mică, va trece o parte mai mare a curentului.

Să analizăm următorul exemplu numeric. Să presupunem că două lămpi cu rezistențele $R_1 = 300 \ \Omega$ și $R_2 = 600 \ \Omega$ sînt legate în paralel și conectate la o tensiune $U = 120 \text{ V}$. Să aflăm curentul din fiecare lampă și curentul total. Curentul din prima lampă va fi: $I_1 = 120 : 300 = 0,4 \text{ A}$, iar cel din lampa a doua: $I_2 = 120 : 600 = 0,2 \text{ A}$. Curentul total va fi egal cu suma curenților din ambele ramuri.

$$I = I_1 + I_2 = 0,4 + 0,2 = 0,6 \text{ A}.$$

Să analizăm acum valoarea rezistenței pe care o are circuitul paralel. Spre deosebire de circuitul serie, a cărui rezistență se mărește la conectarea de noi aparate, la legarea în paralel, rezistența se micșorează.

Să presupunem că în circuit a fost conectată o singură rezistență prin care trece un curent oarecare. Conectînd în paralel încă o rezistență egală ca mărime, prin aceasta se dublează suprafața secțiunii transversale a conductorului și deci rezistența circuitului scade la jumătate. Conectînd în paralel o a treia rezistență de aceeași mărime, suprafața secțiunii se va tripla, iar rezistența totală a curentului se va micșora la $\frac{1}{3}$. Cu cît vom conecta mai multe rezis-

tențe în paralel, cu atît curenul va avea mai multe derivații și cu atît rezistența totală a circuitului va fi mai mică.

Așadar, legînd în paralel rezistențe de aceeași mărime, rezistența totală sau echivalentă se va micșora proporțional cu numărul ramurilor conectate.

Dacă vom lega, de exemplu, în paralel trei rezistențe avînd fiecare $60\ \Omega$, rezistența totală va fi de $20\ \Omega$.

Legînd în paralel rezistențe diferite, rezistența totală se va micșora de asemenea și va fi totdeauna mai mică decît cea mai mică rezistență conectată. Această regulă este ușor de înțeles. Dacă într-un circuit vom conecta la început cea mai mică rezistență, conectînd apoi în paralel, cu aceasta, o a doua rezistență mai mare, se va crea o cale suplimentară pentru curent, adică parcă s-ar mări, într-o măsură oarecare, secțiunea conductorului, iar rezistența circuitului, bine înțeles, se va micșora.

Cînd se leagă în paralel mai multe rezistențe diferite, calculul rezistenței totale a circuitului, este destul de complicat. În practică, de cele mai multe ori se întîlnesc numai două rezistențe legate în paralel. Dacă acestea sînt diferite ca mărime, pentru determinarea rezistenței totale R trebuie să înmulțim valoarea rezistenței R_1 cu a rezistenței R_2 , iar produsul obținut se va împărți la suma acestor rezistențe :

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

Astfel, de exemplu, dacă rezistențele $R_1 = 20\ \Omega$ și $R_2 = 30\ \Omega$ sunt legate în paralel, rezistența totală a unui asemenea circuit ramificat se va determina în felul următor :

$$R = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = \frac{600}{50} = 12\ \Omega$$

După cum reiese din cele de mai sus, R este mai mic decît cea mai mică dintre rezistențele conectate, adică sub $20\ \Omega$.

Cînd sînt legate în paralel trei rezistențe, de exem-

plu $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$ și $R_3 = 4 \Omega$, vom calcula la început rezistența totală a primelor două rezistențe. În exemplul precedent ea a fost aflată egală cu 12Ω . Deci, putem considera că am înlocuit aceste două rezistențe R_1 și R_2 cu o singură rezistență de 12Ω . După aceasta vom afla rezistența totală a rezistențelor de 12Ω și 4Ω legate în paralel:

$$R = \frac{12 \cdot 4}{12 + 4} = \frac{48}{16} = 3 \Omega.$$

Aceasta va fi rezistența totală opusă curenților de cele trei rezistențe. Ea este mai mică decît rezistența cea mai mică, adică sub 4Ω .

După aceeași metodă se poate stabili rezistența totală și pentru mai multe rezistențe legate în paralel.

În cazul legării în paralel, rolul principal îl are totdeauna cea mai mică dintre rezistențele conectate, întrucît prin ea trece cea mai mare parte din curentul total.

Uneori, pot fi legate în paralel două rezistențe cu valori mult diferite. În acest caz, în rezistența mai mare se ramifică o parte infimă de curent și aceasta aproape că nu influențează asupra rezistenței totale. În acest scop, rezistența totală este cu puțin mai mică decît cea mai mică dintre rezistențele conectate.

Conectarea în paralel a unei rezistențe adiționale se numește uneori șuntare. Deci, la șuntarea unei rezistențe oarecare cu o altă rezistență mult mai mare, putem considera, cu aproximație, că rezistența totală rămîne neschimbată. Aceasta rezultă din următorul exemplu numeric. Să aflăm rezistența totală cînd sînt legate în paralel două rezistențe, una de 100Ω și alta de $10\,000 \Omega$.

$$R = \frac{100 \cdot 10\,000}{100 + 10\,000} \approx 99 \Omega.$$

După cum rezultă, rezistența totală este aproape egală cu 100Ω .

Rezistențele legate în paralel prezintă avantaje prin faptul că fiecare ramură poate funcționa independent de celelalte ramuri. La legarea în paralel

poate fi deconectată o ramură, iar celelalte pot continua să funcționeze ca și mai înainte, iar dacă vom schimba rezistența unei ramuri oarecare, în ea curentul se va schimba, fără ca în celelalte ramuri să se producă vreo schimbare apreciabilă. De aceea, la o rețea electrică, diferiții consumatori ca : lămpi cu incandescență, aparate electrice pentru încălzit, motoare

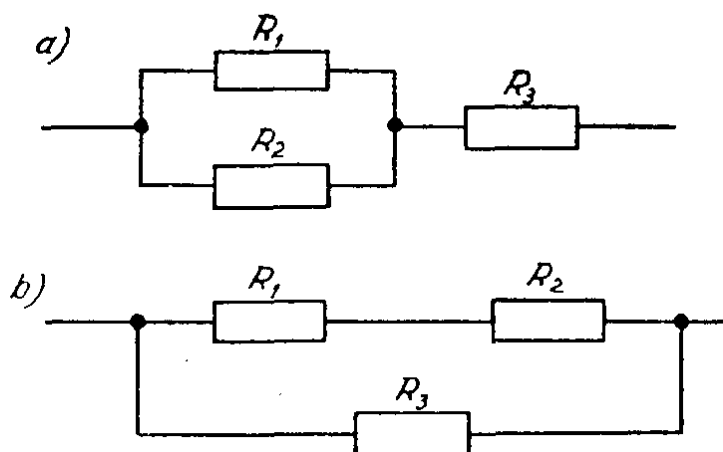


Fig. 14. — Legarea mixtă a rezistențelor

electrice, etc. se conectează aproape totdeauna în paralel.

În practică, se observă uneori, influența unei ramuri asupra alteia, datorită rezistenței interne a generatorului și a rezistenței conductorilor de legătură. Dacă vom deconecta una dintre ramuri, rezistența totală a circuitului va crește, iar curentul va scădea într-o anumită măsură. În acest caz, vor scădea însă și pierderile de tensiune în interiorul generatorului cît și în conductorii de legătură care pleacă de la generator, iar tensiunea utilă între noduri se va mări întrucîtva. De aceea, în ramurile rămase, curentul va crește. Tot astfel, conectarea unei ramuri în plus va provoca o scădere a curentului în celelalte ramuri. Același efect îl va avea și schimbarea rezistenței unei ramuri oarecare.

În circuitele electrice se întîlnește, destul de des legarea mixtă, care este o combinație a legării în serie cu cea în paralel. Astfel, pentru legarea a trei rezistențe pot exista două variante de legare mixtă. În primul caz, se leagă două rezistențe în paralel, la

care se conectează în serie, cea de a treia (fig. 14 a). Cu alte cuvinte, circuitul are două porțiuni conectate în serie, din care una constă din două rezistențe în paralel. În cealaltă schemă sînt legate în serie două rezistențe, iar la acestea este conectată în paralel a treia rezistență (fig. 14 b). În acest caz, întregul circuit trebuie privit ca fiind legat în paralel și avînd o ramură formată din două rezistențe legate în serie.

Cînd sînt mai multe rezistențe, se pot întocmi diferite scheme de legare mixtă.

13. PUTEREA ȘI LUCRUL MECANIC AL CURENTULUI

Curentul electric poate să execute un lucru mecanic, adică energia curentului se poate transforma într-o altă energie, de exemplu, în energie calorică, luminoasă sau mecanică. În radiotehnică se obișnuiește să se aprecieze capacitatea de lucru a curentului după puterea lui care se notează cu litera P .

Puterea reprezintă lucrul executat într-o secundă. Se mai poate spune că puterea este consumul de energie electrică pe secundă.

Unitatea de măsură a puterii este wattul, care se notează cu litera W .

Puterea curentului egală cu 1 W este puterea unui curent de 1 A la o tensiune de 1 V .

Cu cît tensiunea și curentul sînt mai mari, cu atît și puterea este mai mare. De aceea, pentru calculul puterii curentului trebuie să înmulțim tensiunea în V cu curentul în A . Cu alte cuvinte, numărul de W este egal cu numărul de V înmulțit cu numărul de A

$$P = U \cdot I.$$

De exemplu, dacă la o tensiune de 120 V , trece printr-o rezistență oarecare un curent de 3 A , puterea curentului în această rezistență va fi de 360 W .

De multe ori este nevoie să calculăm puterea curentului, fără a cunoaște curentul sau tensiunea, dacă în schimb cunoaștem rezistența. În acest caz, cu ajutorul legii lui Ohm trebuie să stabilim mai întîi curentul sau tensiunea pe baza valorii rezistenței, și

numai după aceasta să procedăm la calcularea puterii. Substituind în formula de bază a puterii, valoarea curentului sau tensiunii după formula lui Ohm, mai putem obține două formule pentru calculul puterii :

$$P = I^2 \cdot R, \text{ sau } P = \frac{U^2}{R}.$$

Aceste două formule se întrebuintează foarte des în calculele practice. Sensul lor este ușor de înțeles.

Intr-adevăr, dacă un curent a devenit de două ori mai mare, acest lucru se poate produce numai prin dublarea tensiunii. Dar dacă mărim de două ori tensiunea sau curentul, puterea va crește de patru ori, adică va crește cu patratul curentului.

Mărind rezistența pentru a menține curentul la o valoare constantă, este nevoie să mărim în mod corespunzător și tensiunea. Tot de atâtea ori va crește și puterea, întrucît în acest caz se mărește numai tensiunea, iar curentul rămîne constant.

Cînd tensiunea care acționează asupra unei rezistențe constante oarecare va fi mărită de cîteva ori, curentul va crește și el tot de atîtea ori. Deci, puterea va crește cu pătratul curentului, deoarece tensiunea și curentul s-au mărit de același număr de ori. Dacă, însă, tensiunea este constantă și vom mări rezistența în mod corespunzător, curentul va scădea, deci va scădea și puterea. De aceea, în formula a doua, rezistența figurează ca numitor.

Aceste două formule pentru calculul puterii parcă se contrazic și anume : într-una din ele, puterea crește în cazul creșterii rezistenței, iar în cealaltă puterea se micșorează. Dar această contradicție este numai aparentă, întrucît în primul caz corespunde curentului constant, iar cel de al doilea caz, tensiunii constante.

Pentru ilustrare dăm următoarele exemple : să presupunem că trebuie să aflăm puterea unui curent de 0,2 A, care trece printr-o rezistență de 1 000 Ω . Calculul se poate face după două metode.

Să aflăm tensiunea pe baza legii lui Ohm :

$$U = 0,2 \cdot 1\,000 = 200 \text{ V.}$$

Acum să aflăm puterea :

$$P = 200 \cdot 0,2 = 40 \text{ W.}$$

Același lucru se poate obține și cu formula :

$$P = 0,2^2 \cdot 1000 = 0,2 \cdot 0,2 \cdot 1000 = 40 \text{ W.}$$

Să mai analizăm încă un exemplu pentru determinarea puterii curentului și anume la o lampă cu o rezistență de 200Ω , alimentată la o tensiune de 100 V .

Cel mai simplu procedeu este să folosim următoarea formulă :

$$P = \frac{100^2}{200} = 50 \text{ W}$$

Putem însă, afla mai întâi curentul : $I = 100 : 200 = 0,5 \text{ A}$, apoi vom putea afla puterea după formula de bază :

$$P = 100 \cdot 0,5 = 50 \text{ W}$$

Uneori, este nevoie să facem un calcul invers și anume : cunoscând puterea, trebuie să aflăm curentul sau tensiunea. Să presupunem că trebuie să aflăm curentul dintr-o lampă de 300 W , la o tensiune de 120 V . Intrucît puterea este produsul dintre tensiune și curent, evident că pentru a afla curentul, trebuie să împărțim puterea la tensiune $I = P : U = 300 : 120 = 2,5 \text{ A}$.

În afară de unitatea de bază a puterii wattul, de multe ori se întrebuițează și alte unități : kilowattul (kW), hectowattul (hW), miliwattul (mW), microwattul (μW), în mod corespunzător egali cu : 1000 W , 100 W , $0,001 \text{ W}$ și $0,000001 \text{ W}$.

Lucrul executat de curentul electric, sau consumul de energie electrică se măsoară în unități, care au ca bază unitățile puterii, ținându-se seama, în același timp și de durata trecerii curentului. Puterea este lucrul executat în timp de o secundă, iar valoarea lucrului executat de curent poate corespunde unui interval de timp oarecare, în cursul căruia a circulat curentul. Cu cît curentul trece un timp mai îndelun-

gat, cu atît valoarea lucrului executat va fi mai mare.

Unitatea de bază a lucrului executat de curent este wattsecunda (Ws), adică lucrul curentului cu o putere de un W în curs de o secundă. Această unitate este prea mică, deoarece în mod obișnuit, curentul trece nu numai o singură sau cîteva secunde, ci o perioadă de timp mai îndelungată. Wattora (Wh), este o unitate de măsură mai mare, care corespunde cu lucrul unui curent cu o putere de 1W, în timp de o oră. O oră are 60 de minute a cîte 60 de secunde, adică în total 3 600 secunde. De aceea, 1 Wh este egal cu 3 600 Ws.

Adesea se întrebîunțează unități mult mai mari ca: hectowattoră (hWh) și kilowattoră (kWh). Un hectowattoră este egal cu 100 Wh, iar un kilowattoră este de 10 ori mai mare, deci egal cu 1 000 Wh.

Calcularea cantității de energie electrică, consumată pentru iluminarea sau alimentarea unui receptor din rețea, se face totdeauna în hWh sau kWh. Contorii electrici din locuințe, înregistrează consumul de energie în aceste unități.

Uneori, se exprimă cu totul greșit energia electrică în kilowați sau hectowați, adică în unități de putere. Asemenea greșeli nu trebuie să le admitem niciodată. Lucrul și puterea sînt două noțiuni distincte. Puterea unui curent rămîne constantă, atunci cînd curentul, tensiunea și rezistența rămîn constante. Lucrul curentului care are o putere constantă este însă în funcție de timp și trebuie exprimat în kilowattore sau hectowattore.

Calcularea lucrului curentului, sau a consumului de energie electrică este foarte simplu. Aceasta se face înmulțind puterea cu timpul. În funcție de unitățile puterii și timpului, vom obține, pe baza acestei reguli, lucrul curentului exprimat într-una din aceste unități.

Să luăm un exemplu de calcul al lucrului curentului. Să aflăm costul energiei consumate de la rețea în cursul unei luni de către un receptor care funcționează zilnic cîte 4 ore, cînd puterea curentului care alimentează receptorul este de 50 W. Numărul total

al orelor de lucru al acestui receptor, în cursul unei luni, va fi de : $4 \cdot 30 = 120$ ore. Lucrul curentului va fi : $50 \cdot 120 = 6\,000$ Wh $= 6$ kWh. Socotind că 1 kWh de energie electrică costă 40 de copeici, costul energiei consumate de receptor va fi : $6 \cdot 40 = 240$ copeici $= 2$ ruble și 40 copeici.

Receptorii de radio cu tuburi electronice*) consumă o putere de aproximativ 50—100 W, în funcție de numărul tuburilor. Receptorii cu mai puține tuburi consumă o putere și mai mică, iar mai mult de 100 W consumă numai unii receptori cu mai multe tuburi și pick-up-urile.

Intr-un circuit electric închis se disting, de obicei, trei mărimi ale puterii : puterea utilă, puterea pierdută și puterea totală. Puterea utilă este folosită în rezistența care constituie sarcina exterioară, de exemplu în lampa incandescentă care se alimentează de la sursa de curent. Puterea pierdută se degajă în rezistența internă a sursei și se consumă inutil pentru încălzirea sursei. Totalul acestor două puteri constituie puterea totală a circuitului electric.

Sursa de curent (generatorul) trebuie să producă totdeauna o putere totală, din care o parte a acesteia este utilă, iar cealaltă se pierde inevitabil în rezistența internă a generatorului. Un indiciu care caracterizează cât de bine este folosită puterea totală a generatorului în circuitul respectiv este randamentul. Randamentul este egal cu raportul dintre puterea utilă și cea totală. Cu alte cuvinte randamentul ne arată cât reprezintă puterea utilă față de puterea totală. De aceea este necesar să avem totdeauna un randament cât mai mare al circuitului electric.

Randamentul din fiecare circuit este în funcție de raportul dintre rezistența exterioară și cea interioară a circuitului.

Dacă rezistența exterioară este mai mică decât cea interioară, atunci, cea mai mare parte din puterea totală se pierde în interiorul generatorului, iar randamen-

*) Lămpile de radio se numesc tuburi electronice, sau mai simplu tuburi. (N. trad.)

tul va fi mic. Acesta este regimul cel mai desavantajos de funcționare a circuitului electric. Dacă rezistența exterioară este egală cu zero, adică dacă generatorul lucrează într-un regim de scurtcircuit, întreaga lui putere este cheltuită pentru încălzirea generatorului însuși și din această cauză randamentul este egal cu zero.

Uneori, în instalațiile radiotehnice, rezistența exterioară a circuitului este egală cu rezistența interioară a generatorului. În acest caz, puterea totală se împarte în părți egale între aceste rezistențe, iar randamentul reprezintă 50 %. Asemenea valoare a randamentului nu poate fi însă considerată mare. Totuși, acest regim de lucru are o importanță deosebită, întrucât atunci când rezistența exterioară este egală cu cea interioară, puterea utilă ajunge la valoarea cea mai mare în comparație cu toate celelalte cazuri.

Pentru a obține un randament mai mare, ceea ce este deosebit de important în cazul unor puteri mari, rezistența exterioară trebuie să fie mai mare decât rezistența interioară. Cu cât rezistența exterioară este mai mare, cu atât randamentul va fi mai mare și mai apropiat de 100 %. De exemplu, dacă rezistența exterioară este de nouă ori mai mare decât rezistența interioară, randamentul va fi de 90 %.

14 ACȚIUNEA TERMICĂ A CURENTULUI

Orice conductor prin care trece un curent se încălzește.

Electronii care se deplasează prin conductor se freacă și se ciocnesc cu particulele conductorului, făcând ca aceste particule să se deplaseze rapid. Deplasarea rapidă a moleculelor duce la urcarea temperaturii. Cu cât puterea curentului este mai mare și cu cât curentul trece prin conductor un timp mai îndelungat, cu atât încălzirea va fi mai mare. Legile acțiunii termice a curentului au fost stabilite încă în anul 1844 de savantul rus E. H. Lenț.

Puterea curentului este în funcție de tensiune, de curent și de rezistență. Tot astfel și cantitatea de căldură

produsă de curent, depinde de aceste mărimi. De asemenea este de foarte mare importanță să se știe că mărimdu-se curentul, cantitatea de căldură care se degajă în rezistența respectivă, crește cu pătratul curentului. De exemplu, dacă curentul se mărește de trei ori, încălzirea conductorului va crește de nouă ori. O asemenea creștere rapidă a încălzirii conductorului

poate avea urmări nedorite ca : arderea izolației de pe conductor, sau chiar topirea conductorului însuși.

Există multe aplicații practice ale acțiunii termice a curentului. În lămpile de iluminat, filamentul încălzit la incandescență servește ca sursă de lumină, iar în tuburile de radio ea este folosită pentru obținerea fluxului de electroni care se deplasează în vid. În siguranțele fuzibile, curentul trece printr-o sîrmă

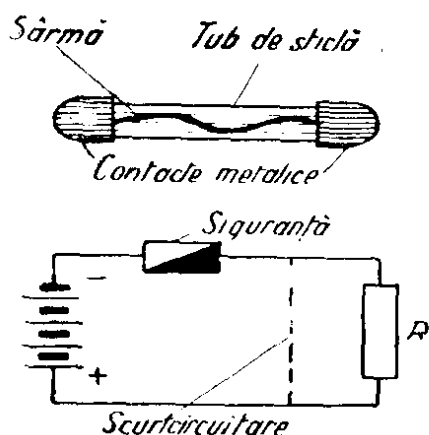


Fig. 15 — Construcția siguranței fuzibile și conectarea acesteia pentru protejarea sursei de curent împotriva scurtcircuitului

subțire, care se topește când intensitatea curentului devine periculoasă. Siguranța se alege totdeauna în așa fel, încît ea să ardă la un curent mai mic decît curentul periculos pentru izolația conductorilor.

O creștere inadmisibilă a curentului se obține, dacă la sursă se conectează o rezistență prea mică, adică dacă se produce o scurtcircuitare a sursei. În caz de scurtcircuitare, un curent mare este periculos nu numai pentru conductorii, ci și pentru sursa însăși. Siguranțele fuzibile protejează sursa de curent și conductorii împotriva consecințelor periculoase ale scurtcircuitului. În fig. 15 este reprezentată conectarea unei siguranțe fuzibile. Acțiunea termică a curentului se mai folosește și la aparatele electrice de încălzit (reșouri, fiare de călcat, ciocane de lipit, etc.).

Încălzirea conductorului de către curent este în funcție de densitatea curentului, care reprezintă curentul în amperi, ce revine unui mm^2 de suprafață

a secțiunii transversale a conductorului și se exprimă în amperi pe milimetru pătrat (A/mm^2). Ca să nu se supraîncălzească, conductorii se aleg pe baza anumitor norme stabilite pentru densitatea curentului. Pentru înfășurările cu mai multe straturi de sîrmă izolantă, densitatea curentului nu trebuie să depășească $2 A/mm^2$. Pentru reostatele cu o înfășurare dintr-un singur strat de sîrmă neizolată pe un material rezistent la căldură, de exemplu pe porțelan, densitatea curentului poate fi de $5 A/mm^2$.

Pentru calculul conductorilor trebuie să stabilim suprafața secțiunii transversale a conductorului. Acest lucru poate fi făcut înmulțind $0,8^*$) cu diametrul conductorului d la pătrat. De exemplu, pentru un conductor cu un diametru de $0,5$ mm, vom obține o suprafață a secțiunii transversale: $0,8 \cdot 0,5^2 = 0,8 \cdot 0,25 = 0,2$ mm². La o densitate a curentului de $2 A/mm^2$, prin acest conductor, după cum rezultă, poate trece un curent de $0,2 \cdot 2 = 0,4$ A. Trebuie să reținem că la schimbarea diametrului conductorului, suprafața secțiunii lui transversale și deci și valoarea curentului admisibil, variază cu patratul secțiunii. Dacă în loc de un conductor cu diametrul de $0,5$ mm vom lua un conductor de 1 mm, adică de două ori mai gros, suprafața secțiunii transversale se va mări de patru ori. La o densitate a curentului de $2 A/mm^2$, curentul admisibil se va mări de patru ori și va fi egal cu $1,6$ A. Tabela 1 cuprinde valorile curenților admisiibili pentru conductorii cu diametre diferite.

Aproape la toți conductorii metalici rezistența se mărește prin încălzire. Intr-un conductor încălzit, moleculele au o vibrație proprie haotică mai rapidă și împiedică mai mult deplasarea electronilor.

Aliajele pentru reostate (nichelina, manganina, nicromul, etc.) își schimbă foarte puțin rezistența în funcție de încălzire. La o încălzire de $250^{\circ}C$, rezistența

* Mai corect ar trebui să înmulțim cu $\frac{\pi}{4}$, ($\pi = 3,14$) dar pentru calcule rapide se poate considera aproximativ $\frac{\pi}{4} = 0,785 \approx 0,8$. (N. trad.)

Tabela 1

Datele câtorva conductori

Diametrul, în mm	Secțiunea, în mm ²	Rezistența unui metru de conductor (în Ω)				Curent admi- sibil, în A, la o densitate a curentului de 2 A/mm ²
		Cupru	Nichelîn Manga- nin	Con- stantan	Nicrom	
0,05	0,002	8,90	212,00	245,00	510,00	0,0039
0,08	0,005	3,50	82,50	95,40	199,00	0,010
0,10	0,0079	2,20	53,00	61,10	127,00	0,016
0,12	0,011	1,60	37,60	42,60	88,50	0,022
0,15	0,018	1,00	23,50	27,20	56,50	0,035
0,20	0,031	0,55	13,20	15,30	31,90	0,063
0,25	0,049	0,36	8,45	9,78	20,40	0,098
0,30	0,070	0,25	5,36	6,81	14,20	0,14
0,40	0,126	0,14	3,30	3,80	7,94	0,25
0,50	0,196	0,09	2,12	2,45	5,10	0,39
0,60	0,283	0,06	1,45	1,69	3,54	0,57
0,70	0,385	0,045	1,08	1,25	2,60	0,77
0,80	0,500	0,035	0,825	0,954	1,99	1,00
1,00	0,790	0,023	0,530	0,611	1,27	1,57

Observații

1. Datele pentru conductorii care nu figurează în această tabelă trebuie luate ca date medii, de exemplu pentru conductorii de nichelin de 0,18 mm diametru se poate socoti că secțiunea este de 0,025 mm², rezistența unui metru este de 17 Ω , iar curentul admisibil de 0,05 A.

2. Pentru o altă densitate a curentului, datele din ultima rubrică trebuie modificate în mod corespunzător; de exemplu pentru o densitate a curentului de 6 A/mm² ele trebuie mărite de 3 ori.

unui conductor de cupru se dublează. La o încălzire normală, filamentul din wolfram are o rezistență aproximativ de 10 ori mai mare decât la rece. Acest lucru trebuie ținut în seamă, când folosim lămpile cu incandescență să funcționeze ca rezistențe. Spre deosebire de metale, cărbunele își micșorează rezistența la încălzire.

15. REZISTENȚE, REOSTATE ȘI POTENȚIOMETRE

Rezistențele din sîrmă se întrebuintează cînd trebuie să avem rezistențe cu valori constante, sau cînd curentul din circuit are o valoare mare. La confecționarea

unei rezistențe cu valoare mică, se înfășoară, de multe ori, sîrmă neizolată, iar dacă rezistența trebuie să fie de sute, mii și zeci de mii de Ω , ea este de obicei confecționată din sîrmă izolată.

La rezistențele chimice, conductorul este constituit dintr-un strat de cărbune sau de metal, aplicat pe porțelan sau pe un alt material izolant. Aceste rezistențe sînt de la zeci de Ω pînă la zeci de $M\Omega$. Ele au avantajul că sînt de dimensiuni mici și sînt ieftine (pentru rezistențele de sîrmă cu valori mari ar fi fost nevoie de foarte multă sîrmă de reostat care este costisitoare). Aceste rezistențe nu suportă o putere prea mare, iar valoarea rezistenței nu este absolut constantă. La o creștere a curentului peste valoarea admisibilă, rezistențele chimice își schimbă foarte mult volumul și se pot arde. Rezistențele chimice se confecționează pentru puteri de 0,25 W, 0,5 W, 1 W și mai mult.

Cînd nu avem la dispoziție o rezistență cu mărimea necesară, putem lega în serie, în paralel sau mixt, cîteva rezistențe în așa fel alese, încît rezistența totală să fie egală cu rezistența necesară. Să presupunem, de exemplu, că avem nevoie de o rezistență pentru o tensiune de 200 V la un curent de 10 mA, (sau 0,01 A). Valoarea rezistenței va fi $R = 200 \cdot 0,01 = 20\,000\ \Omega = 20\text{ k}\Omega$. Puterea va fi $200 \cdot 0,01 = 2\text{ W}$. Dacă avem rezistențe de cîte 0,5 W, în acest caz trebuie să luăm patru bucăți. Putem lega patru rezistențe de cîte 5 k Ω în serie, sau patru rezistențe de cîte 80 k Ω în paralel, sau, în sfîrșit, patru rezistențe a 20 k Ω , legate mixt, adică în paralel două grupe a cîte două rezistențe, legate în serie în fiecare grupă. În toate aceste cazuri, rezistența totală va fi de 20 k Ω , iar puterea admisibilă va fi de 2 W.

Rezistențele variabile sînt foarte mult folosite în schemele de radio. Rezistențele variabile se confecționează din sîrmă neizolată. Sîrma este în prealabil încălzită și prin aceasta la suprafața ei apare un strat de oxid, care servește ca izolație pentru tensiuni mici și permite să se înfășoare conductorul spiră lîngă spiră. În lungul înfășurării se poate deplasa un cursor care introduce în circuit o parte mai mare sau mai

mică a rezistenței. Uneori, acest cursor este ghidat cu ajutorul unei bande flexibile, fiind apăsător pe sîrmă în locul dorit. La o asemenea construcție sîrma nu se poate roade, iar dacă rezistența nu este confecționată din sîrmă, suprafața stratului conductor nu se va metaliza datorită cursorului.

În scheme, rezistențele variabile sînt reprezentate

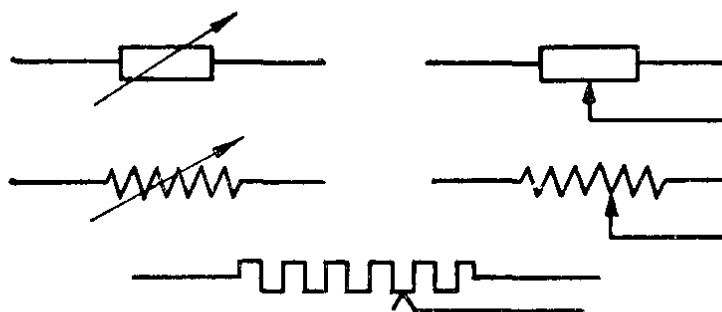


Fig. 16 — Reprezentarea convențională a rezistențelor variabile

ca în fig. 16. De obicei, ele au trei borne: două la capetele rezistenței și una la mijloc (priza mediană) legată la cursor. Sînt posibile două moduri de folosire a rezistențelor variabile. Cînd rezistența variabilă este conectată în serie, adică în două puncte: prin cursor și prin unul din capete, ea va lucra ca reostat. Dacă este nevoie să reglăm curentul sau tensiunea dintr-un aparat oarecare, de exemplu într-un tub electronic, reostatul se conectează în serie (fig. 17). În acest caz, tubului îi va reveni numai o parte din tensiune. Mișcînd cursorul reostatului, variem rezistența lui și deci și rezistența întregului circuit. Curentul variază și împreună cu el variază și căderea de tensiune atît în reostat, cît și în tub. Cu alte cuvinte, se produce o nouă repartizare a tensiunii în circuit. Cu cît rezistența reostatului este mai mare, cu atît și căderea de tensiune va fi mai mare și cu atît tensiunea la tub va fi mai mică.

Cea mai mare tensiune la receptor se obține dacă rezistența reostatului se micșorează pînă la zero. În acest caz, toată tensiunea va fi aplicată la receptor. Pentru a micșora pînă la zero tensiunea de la receptor, în reostat se face o întrerupere a circuitului. În

acest scop cursorul din poziția extremă este trecut de pe sîrmă, sau de pe stratul de cărbune, pe izolație. Tensiunea de la receptor va scădea de la valoarea cea

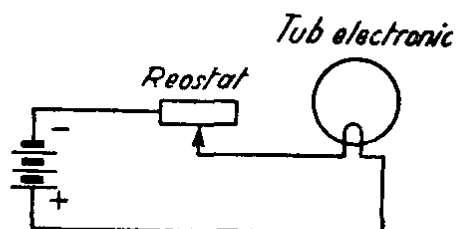


Fig. 17. — Conectarea reostatului pentru reglarea tensiunii la un tub electronic

mai mică, pînă la zero și nu lent, ci cu un salt. Cînd rezistența receptorului este foarte mare, de exemplu de cîțiva $M\Omega$, pentru reglarea tensiunii într-o gamă mare, reostatul trebuie să aibă o rezistență de zeci sau sute de $M\Omega$, lucru care este foarte greu de realizat în practică.

De multe ori este mai comodă reglarea tensiunii cu ajutorul potențiometrului sau divizorului cu reglare continuă a tensiunii. El are rezistența variabilă la fel ca și reostatul, dar conectată în trei puncte. Capetele rezistenței potențiometrului se conectează la tensiunea care trebuie reglată, de exemplu la bornele sursei de curent (fig. 18 a). Cursorul și unul din capetele rezistenței se conectează la receptor. Deplasînd cursorul, receptorul poate fi conectat cu orice porțiune a rezistenței potențiometrului și în felul acesta tensiunea poate fi reglată continuu dela zero pînă la valoarea maximă, după cum este reprezentat în fig. 18 b și c.

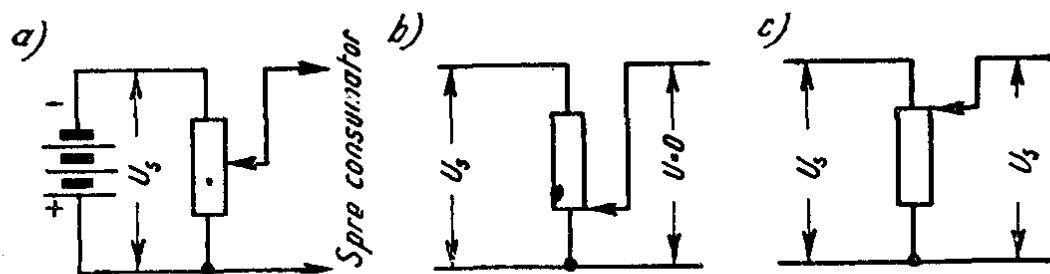


Fig. 18 — Conectarea potențiometrului pentru reglarea tensiunii

În afară de potențiometre se mai întrebuițează și divizori de tensiune, care se compun din două sau mai multe rezistențe constante legate în serie și conectate la tensiunea totală. Receptorul se conectează în para-

lel la una din rezistențe (fig. 19) și la el se obține o parte oarecare din tensiunea totală. La divizorul constituit din mai multe rezistențe, se pot conecta

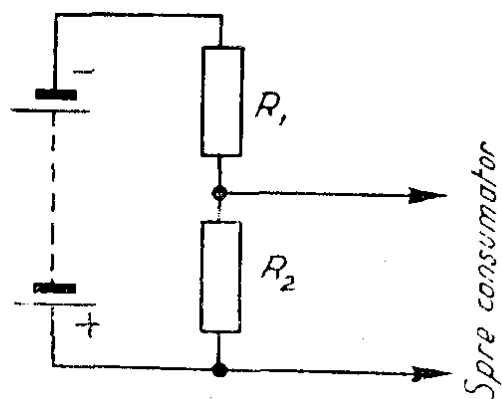


Fig. 19 — conectarea divizorului de tensiune

cîțiva receptori, care pentru o funcționare normală au nevoie de tensiuni diferite. Divizorul micșorează sau împarte tensiunea la fel ca și potențiometrul, dar nu reglează tensiunea.

Prin rezistența potențiometrului sau divizorului trece totdeauna un curent, indiferent dacă este conectat vre-un consumator sau nu. Acest

curent încălzește divizorul și este un curent neutilizat. Pentru a-l micșora, este necesar ca rezistența divizorului sau potențiometrului să nu fie prea mică.

CAPITOLUL III

FENOMENE ELECTROMAGNETICE

16. MAGNEȚII PERMANENȚI ȘI PROPRIETĂȚILE LOR

S-a stabilit de mult că anumite minereuri de fier au proprietatea de a atrage obiectele de oțel. Acest fenomen a fost numit *magnetism*, iar bucățile de minereu de fier, care au aceste proprietăți magnetice, au fost numite *magneți*. Dacă vom freca cu un asemenea magnet natural o bucată de oțel călit, oțelul va deveni și el un magnet. În practică, se întrebuițează acest fel de magneți de oțel, care sunt magneți artificiali. În prezent magneții puternici sunt fabricați prin magnetizarea oțelului călit, cu ajutorul curentului electric, lucru care se va expune în cele de mai jos.

Corpurile care sînt atrase de magneți poartă denumirea de *corpuri feromagnetice*. Dintre ele fac parte oțelul, nichelul, precum și mai multe aliaje. Oțelul călit își păstrează timp îndelungat proprietățile magnetice și de aceea poate servi ca *magnet permanent*. După încetarea procesului de magnetizare, oțelul moale își pierde însă aproape complet proprietățile magnetice, păstrînd numai o cantitate mică de magnetism *remanent*.

Să examinăm acum proprietățile fundamentale ale magneților permanenți. Fiecare magnet atrage obiectele feromagnetice, mai puternic la capete, acestea purtînd denumirea de *poli*. Un magnet suspendat de un fir, sau fixat pe un ax vertical, tinde totdeauna să se orienteze cu un anumit pol spre polul Nord geografic. Acest pol al magnetului poartă denumirea de *polul Nord* și notează cu litera N. Cel de al doilea pol se numește *polul Sud* și se notează cu litera S.

Polii magnetici acționează între ei la fel ca și sarcinile electrice.

Polii de același nume, adică Nord cu Nord sau Sud cu Sud, se resping, iar polii de nume diferit, adică Sud cu Nord, se atrag.

Polii magnetici Nord și Sud se produc totdeauna

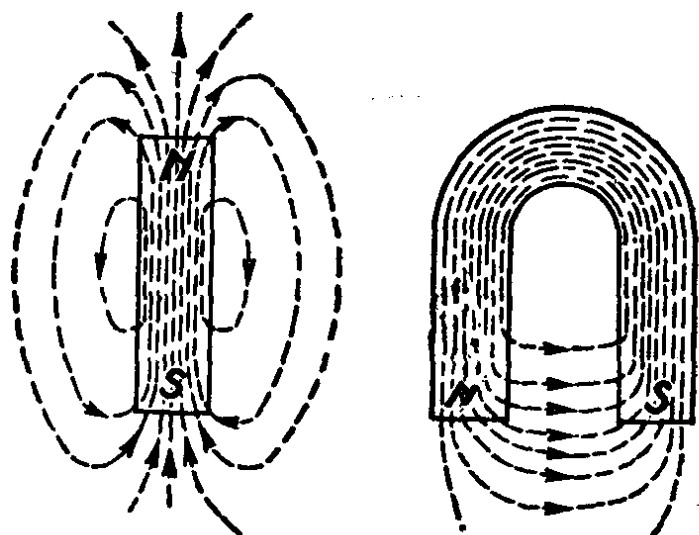


Fig. 20 — Cîmpul magnetic al magnetului în formă dreaptă sau în formă de potcoavă

simultan la capetele fiecărui magnet. Nu se poate obține separat numai un singur pol magnetic.

Spațiul din jurul unui magnet, în care acționează forțele magnetice, se numește *cîmp magnetic*. Pe cale experimentală ne putem convinge că un magnet atrage obiectele feromagnetice nu numai prin aer, ci și prin mai multe alte substanțe, de exemplu, prin sticlă, carton, cupru, apă etc., precum și prin vid. Așadar, cîmpul magnetic se creează în jurul magnetului, în orice substanță. Pe măsura îndepărtării de la magnet, cîmpul slăbește continuu.

Deoarece cîmpul magnetic acționează asupra corpurilor feromagnetice și le poate pune în mișcare, acest cîmp dispune de energie. Potrivit concepțiilor moderne, energia corpurilor magnetizate este concentrată în cîmpul lor magnetic.

Forțele magnetice dintr-un cîmp magnetic acționează în anumite direcții, care poartă denumirea de *linii de forță magnetice*. S-a convenit să se considere că liniile

de forță magnetică pornesc în spațiul exterior de la polul Nord spre polul Sud. Ele sunt linii închise și trec prin interiorul magnetului. În fig. 20 sunt reprezentate liniile de forță ale câmpului magnetic pentru magnetii care au o formă dreaptă și în formă de potcoavă. Toate liniile de forță ale unui magnet formează fluxul magnetic total al acestuia.

Dacă într-un câmp magnetic vom așeza a) un obiect oarecare de oțel sau din alt material feromagnetic, sub acțiunea câmpului el se va magnetiza. Liniile de forță ale câmpului străbat acest obiect (fig. 21 a). Oțelul absoarbe liniile de forță și de aceea poate servi pentru protejarea împotriva acțiunii unui câmp magnetic nedorit, adică poate servi ca ecran magnetic.

Cînd este nevoie să protejăm un aparat oarecare împotriva unui câmp magnetic exterior, acest aparat trebuie înconjurat din toate părțile cu un ecran din oțel moale. În acest caz, fluxul magnetic va trece prin pereții ecranului, deoarece liniile de forță trec mai ușor prin oțelul moale decît prin aer (fig. 21 b).

Potrivit concepțiilor moderne, moleculele materialelor feromagnetice reprezintă magneti microscopici. Într-un obiect nemagnetizat, ele sunt așezate în stare haotică, dar sub acțiunea câmpului magnetic, o mare parte din ele se întorc cu polii lor Nord într-o direcție, iar cu polii Sud — în altă direcție. De aceea, la capetele acestui corp se formează polii. Magnetii moleculari

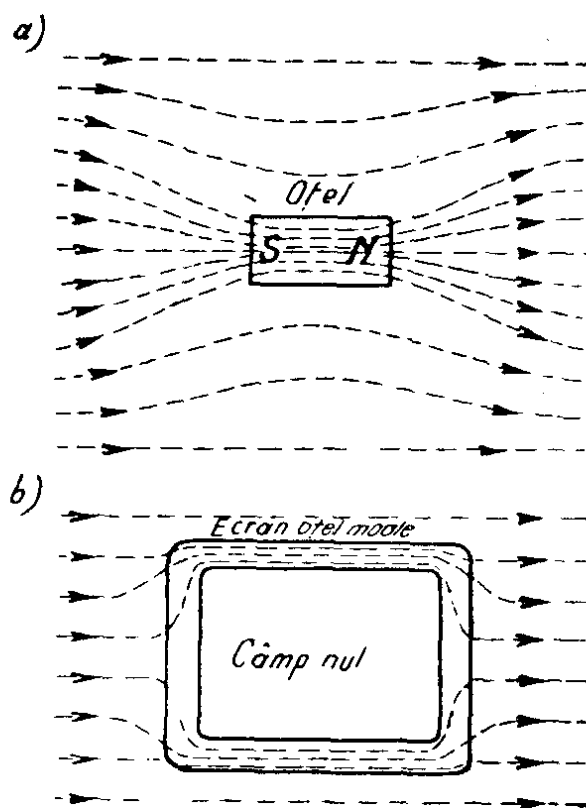


Fig. 21 — Magnetizarea oțelului într-un câmp magnetic (a) și ecranarea magnetică (b)

întorcîndu-se și așezîndu-se cu o anumită orientare, vor rămîne în oțelul călit în aceeași poziție și după încetarea acțiunii cîmpului de magnetizare; într-un oțel moale, după încetarea acțiunii cîmpului, aproape toți acești magneți vor lua din nou poziția haotică anterioară, și magnetismul va dispărea aproape complet.

Magneții permanenți se demagnetizează prin lovituri, precum și prin încălzire, deoarece prin aceasta se perturbă ordinea de așezare a magneților elementari.

Orice corp feromagnetic poate fi magnetizat numai pînă la o anumită limită, care poartă denumirea de *saturație magnetică*, după care orice intensificare a cîmpului magnetic nu va produce o creștere perceptibilă a magnetismului. Aceasta înseamnă că toți magneții moleculari s-au întors și s-au așezat în ordine perfectă în lungul liniilor de forță ale cîmpului. Cînd magnetizarea este mai slabă, o parte din acești magneți moleculari rămîn în stare haotică.

Pentru confecționarea unor magneți permanenți puternici se întrebuintează în ultimul timp calități speciale de oțel, care conțin un amestec de alte metale, de exemplu, oțel cu aluminiu-nichel și altele.

17. ELECTROMAGNETII ȘI UTILIZAREA LOR

S-a stabilit încă din secolul trecut că în jurul unui conductor prin care trece curent electric se creează un cîmp magnetic, iar liniile lui de forță au forma unor inele care înconjoară conductorul (fig. 22 a). Cu cît curentul este mai puternic, cu atît cîmpul magnetic din jurul conductorului va fi mai puternic. Pe măsura îndepărtării de la conductor, cîmpul slăbește.

Pentru a obține cu ajutorul curentului electric un cîmp magnetic mai puternic, se întrebuintează bobine de sîrmă. În acest caz, cîmpul magnetic al fiecărei spire din bobină se adună, iar liniile lor de forță se contopesc într-un singur flux magnetic. Cîmpul magnetic al unei bobine se aseamănă foarte mult cu cîmpul unui magnet permanent. La capătul bobinei în care curentul trece în sensul acului ceasornicului, se ob-

ține polul Sud, iar la celălalt capăt, polul Nord (fig. 22 b). Schimbînd sensul curentului, putem schimba sensul fluxului magnetic și în acest caz polii magnetici de la capetele bobinei, se vor inversa.

Fluxul magnetic al bobinei se va intensifica de cîteva ori, dacă vom introduce în bobină un miez de fier. Aceasta se explică prin faptul că sub acțiunea

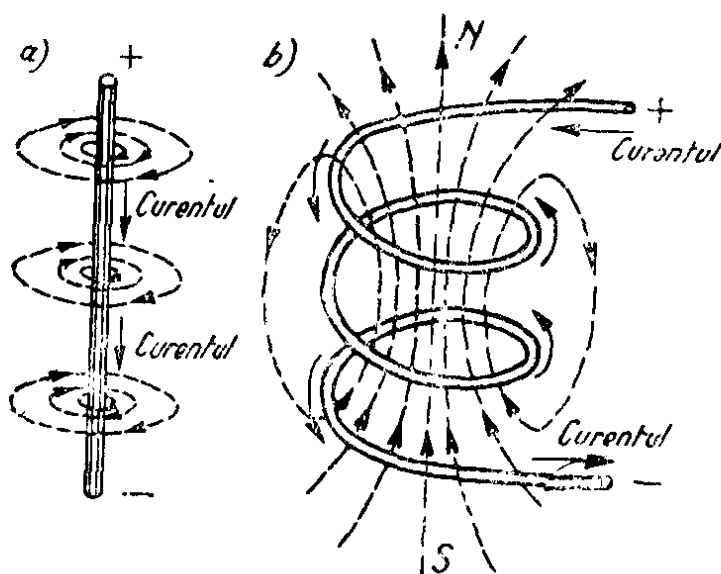


Fig. 22 — Cîmpul magnetic creat la trecerea curentului: (a) prin conductori, (b) prin bobine

cîmpului, fierul se magnetizează și creează un flux magnetic suplimentar, mai puternic decît cîmpul bobinei însăși (fig. 23 a).

Bobina cu miez de fier se numește *electromagnet*. Cu atît bobina are mai multe spire și cu cît curentul din ea este mai mare, cu atît fluxul magnetic va fi mai mare și cu atît *electromagnetul* va fi mai puternic. Se obișnuiește să se spună că fluxul magnetic din electromagnet este cu atît mai puternic, cu cît numărul de amperspice este mai mare, adică produsul dintre curent în amperi și numărul spirelor. De exemplu același flux magnetic poate fi obținut dacă vom lua o bobină cu 50 spire cu un curent de 10 A, sau dacă vom trece un curent de 1 A, printr-o bobină cu 500 spire. În ambele cazuri, electromagnetul are 500 amperspice.

Fluxul magnetic din electromagnet este în funcție și de construcția miezului. Pentru a mări fluxul magnetic este nevoie ca, pe cât este posibil, liniile de forță să nu treacă prin aer, deoarece aerul are o mare reluctanță *) la trecerea liniilor de forță. Cel mai puternic flux magnetic se va obține într-un miez închis (fig. 23 b). În acesta, liniile de forță străbat toată

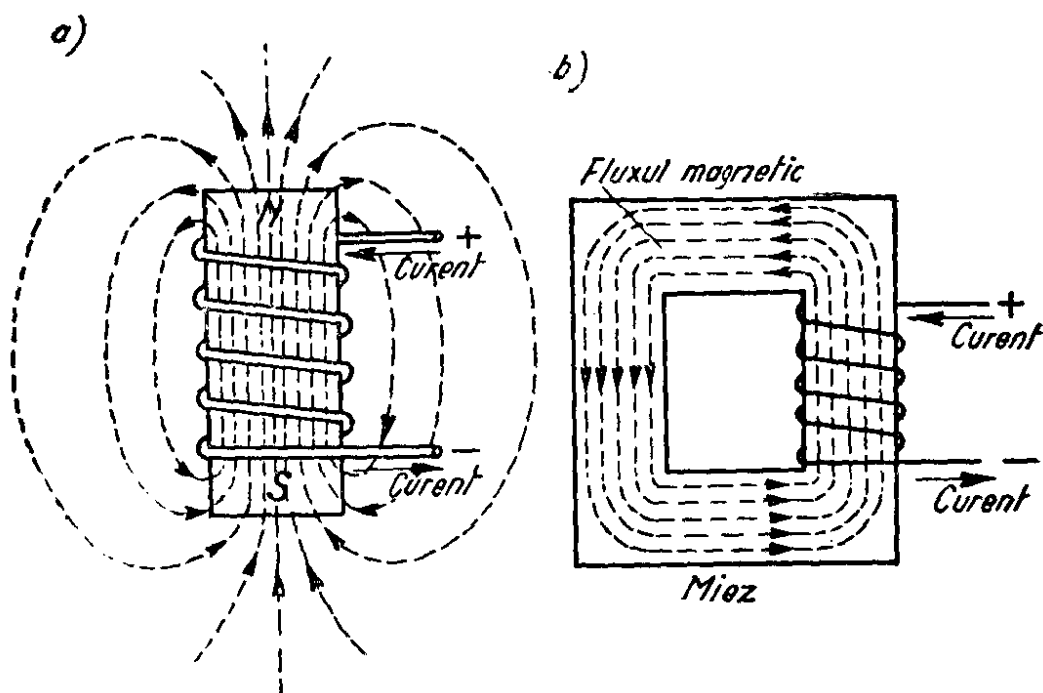


Fig. 23 — Electromagneți cu miez magnetic drept (a) și închis (b)

calea numai prin fier, care are o reluctanță de multe ori mai mică decât aerul.

Cel mai mic întrefier dintr-un asemenea miez închis va mări simțitor reluctanța magnetică și va micșora fluxul magnetic. Deasemenea, nu trebuie să luăm un miez cu o suprafață mică a secțiunii transversale, întrucât în acest caz poate interveni saturația magnetică, și chiar dacă mărim mai mult amperspirele, fluxul magnetic nu va mai crește.

Materialul din care este confecționat miezul are un rol foarte mare. Un miez din oțel călit se magnetizează mult mai puțin decât un miez din fier moale, în

*) Reluctanța este rezistența pe care o opune un material la trecerea liniilor de forță magnetice. (N. trad.)

schimb, după întreruperea curentului el va rămîne magnetizat. În prezent, magneții permanenți se fabrică după metoda de mai sus.

În fierul moale, precum și în unele aliaje feromagnetice care prezintă cea mai mică reluctanță liniilor de forță se obține fluxul magnetic cel mai intens. Totuși, ele au un magnetism remanent foarte slab și la întreruperea curentului se demagnetizează aproape complet. Miezurile electromagneților se fabrică tocmai din asemenea materiale și deaceia electromagneții sunt magneți care acționează numai atîta timp cît trece curent prin înfășurare. În multe cazuri, această proprietate a electromagneților este foarte mult utilizată.

Din fenomenele electromagnetice face parte și acțiunea reciprocă între cîmpul magnetic și conductorul prin care trece curentul. Conductorul cu curent care se află într-un cîmp magnetic, este supus acțiunii unei forțe mecanice din partea cîmpului, forță care tinde să deplaseze conductorul sub un unghi drept pe liniile de forță magnetice (fig. 24). Cîmpul magnetic principal acționează reciproc (interacționează) cu cîmpul magnetic al curentului și drept rezultat ia naștere o forță mecanică, la fel ca și în cazul atracției sau repingerii reciproce a doi poli magnetici.

Forța care acționează asupra conductorului este cu atît mai mare cu cît cîmpul magnetic principal este mai intens, cu cît curentul în conductor este mai mare și cu cît lungimea porțiunii conductorului, situată în cîmpul magnetic este mai mare. Această forță va fi maximă, atunci cînd conductorul este așezat în unghi drept față de liniile de forță magnetică. Dacă conductorul este așezat însă dealungul liniilor de forță, cîmpul nu va acționa asupra ui.

Sensul deplasării conductorului cu curent în cîmpul magnetic este în funcție de sensul curentului din conductor și de sensul cîmpului. Pentru a inversa sensul deplasării conductorului, este suficient, fie că schimbăm sensul curentului din conductor, fie să schimbăm sensul liniilor de forță ale cîmpului magnetic principal.

Magneții permanenți și electromagneții au foarte multe aplicații practice importante. Ei constituie partea componentă principală a majorității difuzoarelor și telefoanelor. Apariția și dispariția câmpului magnetic la închiderea și întreruperea curentului în electromagneți, este folosită în buzere și la vibratori, care

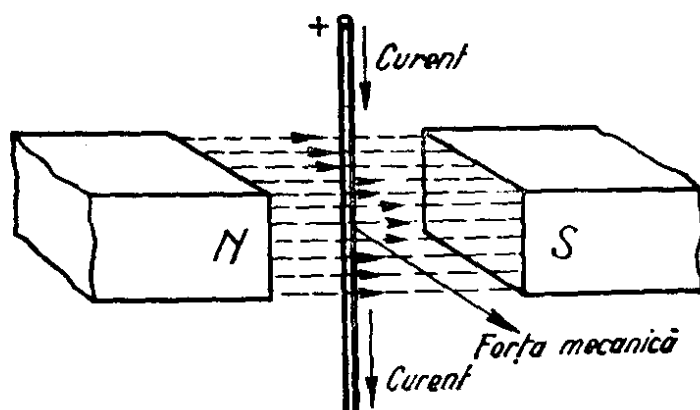


Fig. 24—Acțiunea câmpului magnetic asupra conductorului străbătut de un curent

închid și deschid automat circuitul electric, de mai multe ori pe secundă. Același fenomen este folosit și la relee, care servesc la anclanșarea și declanșarea diferitelor circuite electrice.

Deplasarea conductorului cu curent în câmpul magnetic, precum și alte fenomene electromagnetice sunt folosite la multe aparate electrice de măsurat, precum și la motoarele electrice în care se obține o rotație continuă a electromagnetului mobil, care poartă denumirea de rotor și care se află în câmpul magnetic al unui alt electromagnet fix.

Despre construcția aparatelor electrice de măsurat ne vom ocupa în cadrul capitolului V.

18. INDUCȚIA ELECTROMAGNETICĂ

Încă dela începutul secolului trecut, savanții au încercat să creeze curentul electric cu ajutorul variației câmpului magnetic. Într-o bobină legată cu un galvanometru sensibil, adică cu un aparat care măsoară curenți foarte slabi, se introducea un magnet puter-

nic (fig. 25). S-a observat că galvanometrul indica existența curentului numai atunci când magnetul se deplasa în interiorul bobinei. Când magnetul rămânea nemișcat, nu se obținea curent.

Curentul care apare în bobină la mișcarea magnetului, poartă denumirea de *curent indus sau de inducție*. La introducerea magnetului în bobină, curentul

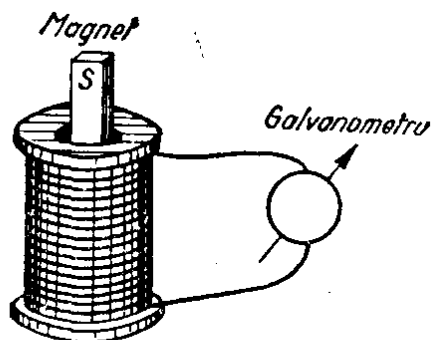


Fig. 25 — Fenomenul inducției electromagnetice

trece într-un sens, iar la scoaterea magnetului din bobină, sensul curentului se inversează. În afară de aceasta, sensul curentului depinde și de semnul polului care este introdus în bobină.

Curentul indus este cu atât mai mare cu cât magnetul este mai puternic, cu cât numărul spirelor bobinei

și viteza de mișcare a magnetelor este mai mare și cu cât rezistența circuitului este mai mică. Întrucât rezistența circuitului poate fi diferită, este mai corect să spunem că mișcarea magnetului în bobină provoacă apariția unei f.e.m., care este numită f.e.m. indusă, iar când există un circuit închis, se creează un curent, care potrivit legii lui Ohm, este determinat de valoarea f.e.m. și a rezistenței circuitului.

Când magnetul se deplasează în bobină se produce o variație a câmpului magnetic și din această cauză, conductorul bobinei este străbătut de liniile de forță magnetice. Atâta timp cât magnetul se află în afara bobinei, câmpul magnetic din ea este foarte slab, iar când magnetul este introdus în interiorul bobinei, câmpul magnetic din bobină se intensifică. Dimpotrivă, scoaterea magnetului provoacă o slăbire a câmpului magnetic din bobină. Variația câmpului magnetic induce în bobină o f.e.m., iar creșterea și descreșterea câmpului magnetic dă f.e.m. cu sensuri diferite.

Așadar, fenomenul inducției constă în aceea că variația câmpului magnetic din jurul conductorului sau intersectarea conductorului de către liniile de forță

magnetice, provoacă apariția f.e.m. în acest conductor.

Pentru a obține o forță electromotoare indusă, este indiferent dacă magnetul se deplasează față de conductor, sau conductorul se deplasează față de câmpul magnetic imobil. Principalul este ca liniile de forță magnetice să fie intersectate de către conductor.

Apariția f.e.m. indusă se explică prin faptul că în conductorul care întretaie liniile de forță magnetice există electroni liberi asupra cărora câmpul magnetic are o acțiune cu același efect mecanic ca și în cazul când un conductor străbătut de curent se află într-un câmp magnetic (fig. 24). Sub acțiunea acestei forțe, electronii se deplasează într-un singur sens și de aceea la capetele conductorului se obține o diferență de potențial care este cu atât mai mare, cu cât câmpul magnetic este mai intens și cu cât conductorul se deplasează mai repede. Pe lângă aceasta, f.e.m. va fi maximă când conductorul se deplasează în unghi drept față de liniile de forță magnetice.

La fenomenul inducției, energia mecanică a mișcării magnetului se transformă, cu ajutorul câmpului magnetic, în energie electrică. Această lege a inducției, cu unele modificări, este folosită la obținerea energiei electrice în dinamuri sau generatori. Aceștia sînt prevăzuți cu un magnet, sau cu un electromagnet fix, care creează un câmp magnetic puternic, în care se află un electromagnet mobil care poartă denumirea de rotor. Când acesta se rotește, în înfășurarea lui se formează un curent indus.

Cea de a doua lege a inducției este bazată pe faptul că un curent indus se obține cu ajutorul unui alt curent, adică are loc transformarea energiei electrice a unui curent în energia unui alt curent, numită și *transformare de curent*. Aceasta se realizează cu ajutorul transformatorilor, care se compun din două bobine *I* și *II* (fig. 26). Bobina primară este alimentată cu curent de la sursă și creează în jurul său un câmp magnetic. Pentru intensificarea acestui câmp, se introduce în bobină un miez din oțel special de transformator. Peste bobina primară, sau alături de ea se în-

fășoară bobina secundară, care are în circuit receptorul de curent.

Curentul indus în bobina secundară poate fi obținut la orice variație a curentului din bobina primară, de exemplu, prin închiderea și deschiderea circuitului primar. Închiderea circuitului, care creează câmpul magnetic, echivalează cu introducerea magnetului, iar des-

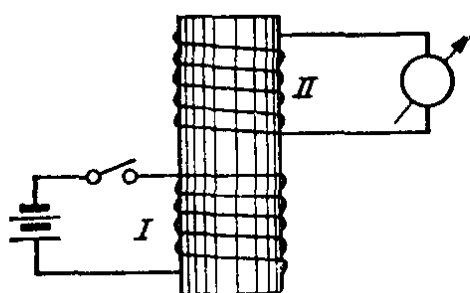


Fig. 26 — Transformarea curentului cu ajutorul inducției electromagnetice

chiderea, care face să dispară câmpul magnetic, echivalează cu scoaterea magnetului din bobină. Închiderea și deschiderea se petrec, însă, mult mai repede decât deplasarea magnetului și de aceea se obține un curent indus mai mare.

Sensul curentului indus produs de f.e.m. indusă, este

determinat de principiul stabilit de către fizicianul rus E. H. Lenț în anul 1833.

F.e.m. indusă are totdeauna un astfel de sens, încât curentul creat de ea se opune prin câmpul său magnetic, câmpului magnetic principal, care a provocat fenomenul inducției.

Să explicăm acest principiu prin exemplul inducției în transformator. La închiderea curentului din bobina primară, se creează un câmp magnetic. F.e.m. indusă în circuitul secundar închis va crea un curent al cărui câmp magnetic va avea un sens opus câmpului primar. La întreruperea circuitului, când câmpul magnetic al curentului primar dispăre, curentul indus va circula în sens opus și va crea un câmp magnetic, care coincide ca sens cu câmpul magnetic primar și care tinde să împiedice dispariția acestui câmp. Așadar, când câmpul magnetic crește, f.e.m. indusă are un sens, iar când câmpul slăbește, f.e.m. are un sens opus.

Pentru o singură spiră de sîrmă, valoarea f.e.m. indusă depinde numai de viteza variației fluxului magnetic din interiorul spirei, adică de numărul intersecțiilor conductorului într-o secundă de către liniile de forță magnetice. La creșterea numărului acestor

intersectări, în mod corespunzător crește și f.e.m. Dacă într-o bobină cu mai multe spire, fluxul magnetic variază, în fiecare spiră va apare o f.e.m. Toate spirele sînt legate între ele în serie și de aceea f.e.m. totală care apare în bobină, este egală cu suma f.e.m. din spire, adică ea este cu atît mai mare, cu cît bobina are mai multe spire. De exemplu, dacă bobina are 50 spire, iar viteza variației fluxului magnetic este astfel încît într-o spiră să se inducă o f.e.m. de 0,1 V, f.e.m. totală va fi de 5 V.

Prin urmare, cu cît variația fluxului magnetic din bobină este mai rapidă și cu cît aceasta are mai multe spire, cu atît valoarea f.e.m. indusă va fi mai mare.

CAPITOLUL IV

CURETNUL ALTERNATIV ȘI APLICAȚIILE LUI

19. NOȚIUNEA DE CURENT ALTERNATIV

Curent continuu se numește curentul care are o valoare invariabilă și trece tot timpul într-un singur sens. În radiotehnică și în electrotehnică, un rol de seamă îl are și curentul alternativ, care își schimbă valoarea și sensul de un anumit număr de ori pe secundă. Pe lângă aceasta, în multe cazuri se întrebuințează curentul pulsatoriu cu un sens constant ca și curentul continuu, dar care își schimbă valoarea la fel ca și curentul alternativ.

La curentul alternativ, electronii se deplasează de-a lungul conductorului, la început într-un sens, apoi pentru o clipă se opresc și se deplasează mai departe în sens opus, se opresc, se întorc din nou, repetând această mișcare înainte și înapoi. Cu alte cuvinte, electronii oscilează în conductor.

Dacă în experiența de mai sus vom mișca tot timpul magnetul în interiorul bobinei, în ambele sensuri, sau vom conecta și deconecta tot timpul curentul primar al unui transformator, curentul indus va fi alternativ.

De cele mai multe ori se utilizează *curentul simplu sau curentul alternativ sinusoidal*, care poate fi reprezentat printr-o diagramă sau un grafic, ca în fig 27. În această figură sunt trasate linii drepte verticale și orizontale — care se numesc *axe*. Pe axa orizontală este notat timpul în secunde, iar pe axa verticală, curentul în amperi sau în alte unități. Curentul cu un anumit sens este considerat în mod convențional ca pozitiv, iar valoarea lui este trasată în sus pe axa

verticală, curentul de sens contrar este considerat ca negativ, iar valoarea lui este notată în partea de jos. Variația curentului în timp este reprezentată prin curba din figură care poartă denumirea de *sinusoidă*. Într-un moment inițial oarecare, curentul este egal cu zero. Apoi el crește, la început repede, apoi mai încet. La un moment dat, creșterea curentului încetează,

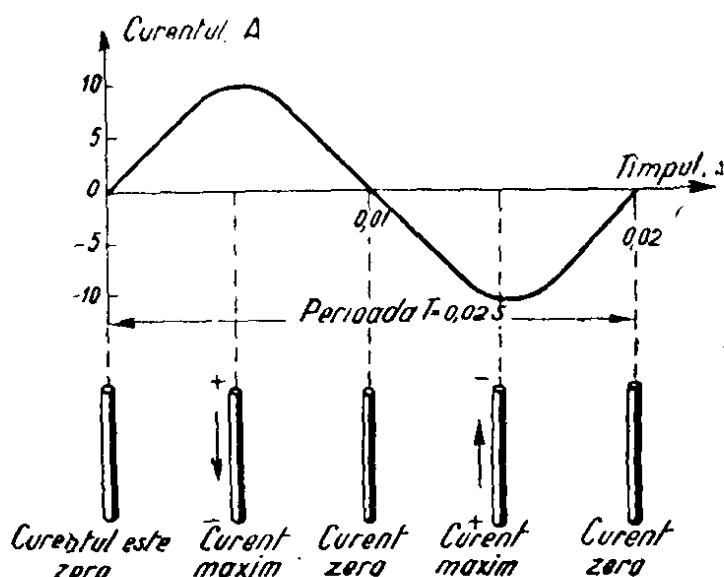


Fig. 27 — Graficul curentului alternativ

el ajungînd la valoarea maximă, care se numește amplitudine maximă. Ca exemplificare, în fig. 27 amplitudinea maximă a curentului este de 10 A. Mai departe, curentul scade, la început încet, apoi repede, pînă la zero, după care își schimbă sensul și repetă din nou aceleași variații. Curentul crește din nou treptat, la început repede, apoi mai încet, ajunge la amplitudinea maximă și scade apoi pînă la zero. Sensul curentului se schimbă din nou, adică urmează din nou sensul inițial și toate variațiile lui se repetă. Tot astfel variază și forța electromotoare sau tensiunea în circuitul curentului alternativ.

În fig. 27, jos, este indicată prin săgeată mișcarea electronilor în conductor în cazul curentului alternativ, pentru cîteva momente diferite.

Starea curentului alternativ, în fiecare moment poartă denumirea de *fază* (cuvîntul fază înseamnă stare). Din toate fazele cele mai caracteristice sunt

faza de amplitudine maximă și faza de zero, adică stările cînd curentul alternativ are cele mai mari valori sau valori nule.

Valorile amplitudinii maxime ale tensiunii și curen-
tului nu sunt totdeauna suficiente. Un curent alterna-
tiv cu o amplitudine de 10 A, are o putere mai mică
decît un curent continuu de 10 A. Curentul continuu
are tot timpul o valoare de 10 A, iar curentul alter-
nativ atinge această valoare numai în momentul cînd
fazele au amplitudinea maximă. În celelalte momente,
curentul este sub 10 A și ajunge chiar pînă la zero.
Se pune întrebarea: care curent alternativ este
echivalent ca putere, cu un curent continuu de
10 A? Sau invers, ce curent continuu este echivalent
ca putere acestui curent alternativ?

Se constată că, curentul alternativ sinusoidal este
echivalent ca putere cu un curent continuu care are
0,7 sau 70% din valoarea amplitudinii maxime a cu-
rentului alternativ. Deaceia, pentru a avea o ima-
gine mai justă despre curentul alternativ, de cele mai
multe ori nu se indică amplitudinea maximă, ci o
valoare egală cu 70% din amplitudinea maximă,
numită valoare eficace. Valoarea eficace a curentului
alternativ este aceea care caracterizează puterea,
energia sau acțiunea calorică a curentului alternativ.

La fel ca și la curent, valoarea eficace a tensiunii
alternative sinusoidale, este de 70% din amplitudine.

Puterea curentului alternativ se calculează dease-
menea ca și cea a curentului continuu, printr-o simplă
înmulțire a valorilor eficace a curentului și tensiunii.

La nevoie, putem afla ușor valorile amplitudinii
maxime, care sînt cu 40% mai mari decît valorile
eficace. De exemplu, dacă valoarea eficace a unui cu-
rent alternativ este de 10 A, valoarea amplitudinii
lui maxime va fi de 14 A.

Cînd vorbim despre tensiunea sau despre intensita-
tea curentului alternativ, de cele mai multe ori înțe-
legem valorile eficace. În U.R.S.S. tensiunile normale
din rețelele de iluminat de 127 și 220 V sînt valori
eficace. Rezultă că într-o rețea de 127 V, tensiunea
amplitudinii maxime este de aproximativ 180 V.

Diferitele aparate electrice pentru măsurarea curentului alternativ măsoară de obicei valorile eficace ale tensiunii sau curentului.

20. PERIOADA ȘI FRECVENȚA CURENTULUI ALTERNATIV

Mișcarea electronilor într-un sens și altul în conductor, se numește oscilația curentului alternativ. După prima oscilație urmează a doua, a treia, etc.

Durata unei oscilații se numește *perioadă* și este notată cu litera *T*. Perioada este exprimată de obicei în secunde. Durata variației curentului care este egală cu jumătate din perioadă, se numește *semiperioadă*. Pentru exemplificare, în fig. 27 perioada este luată egală cu 0,02 sau $\frac{1}{50}$ s.

Frecvența este cea mai importantă valoare care caracterizează curentul alternativ. Ea reprezintă numărul de oscilații sau numărul perioadelor într-o secundă și se notează cu litera *f*. Ca unitate de frecvență se folosește hertz-ul, care se notează prescurtat prin Hz.

Dacă într-o secundă se produce o singură oscilație, frecvența va fi de 1 Hz. Când numărul oscilațiilor este, de exemplu, de 10 pe secundă, frecvența va fi de 10 Hz. Frecvența și perioada sunt mărimi inverse. La o frecvență de 10 Hz, perioada este egală cu 0,1 secunde. Dacă perioada este egală cu 0,01 secunde, frecvența va fi de 100 Hz.

În rețeaua electrică de curent alternativ din U.R.S.S. frecvența este de 50 Hz. Aceasta înseamnă că în rețea, curentul își schimbă sensul de 100 ori pe secundă. Într-o secundă el circulă de 50 ori într-un sens și de 50 ori în sens opus. Curentul va avea valori maxime de 100 de ori pe secundă și de 100 de ori devine egal cu zero. Lămpile conectate la rețea slăbesc de 100 de ori pe secundă lumina și tot de atâtea ori luminează mai viu; cu ochiul liber însă, acest fenomen nu este observat, datorită inerției vizuale, adică proprietății ochiului de a păstra impresiile căpătate timp de aproximativ 0,1 s.

În fig. 27 este reprezentată grafic o oscilație a curentului alternativ sinusoidal, cu o frecvență de 50 Hz.

Se obișnuiește să se împartă toți curenții alternativi în două grupe. *Curenții cu o frecvență sub 10 000 Hz sunt numiți curenți de frecvență joasă sau audio*¹⁾. La acești curenți, frecvența corespunde cu frecvența diferitelor sunete ale vocii omenești sau instrumentelor muzicale. În radiotehnică, curenții de joasă frecvență au o mare aplicare, în special în transmisiunile radiotelefonice.

Cu toate acestea, rolul principal în radiocomunicație îl îndeplinesc curenții alternativi cu o frecvență mai mare de 10 000 Hz, care poartă denumirea de curenți de înaltă frecvență sau de frecvență radio (prescurtat: curenți IF). Deoarece frecvența acestor curenți poate fi foarte mare, pentru măsurarea frecvenței se folosesc următoarele unități: kilohertzul (kHz), egal cu 1 000 Hz și megahertzul (MHz), egal cu 1 000 000 Hz.

Diferitele stații de radio lucrează de obicei cu curenți alternativi de înaltă frecvență, care au o frecvență de cel puțin câteva sute kHz, sau câțiva MHz. Totuși, în radiotehnica modernă, în scopuri speciale (de exemplu pentru radiolocație), se folosesc curenți cu o frecvență chiar de miliarde Hz, fiind aparate cu ajutorul cărora pot fi măsurate asemenea frecvențe ultraînalte.

21. CURENT PULSATORIU

Curenții pulsatorii, care după cum știm, au același sens, dar își schimbă valoarea, pot fi de diferite feluri. Uneori, la acești curenți valoarea se schimbă de la o valoare maximă, pînă la o valoare minimă, dar nu scade pînă la zero. Alteori, scăderea valorii curentului ajunge pînă la zero. Dacă circuitul unui curent continuu este întrerupt într-o anumită frecvență cu ajutorul unui întrerupător oarecare, se va obține un curent pulsatoriu, care se numește *curent intermitent*.

¹⁾ Cu excepția curenților cu o frecvență sub 20 Hz, care nu corespund frecvențelor audio.

La acesta, în anumite intervale de timp, nu va exista curent. În fig. 28 sunt reprezentate exemple de grafice pentru diferenții curenți pulsatorii.

Este comod să se considere curentul pulsatoriu de orice fel, ca suma a doi curenți și anume a curentului continuu și alternativ, care poartă denumirea de *curenți componenți*.

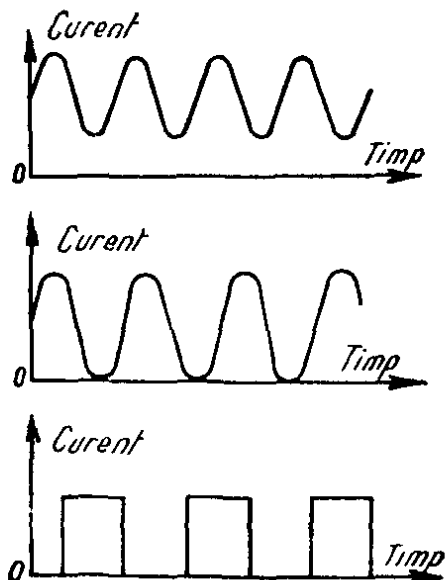


Fig. 28-Reprezentarea grafică a diferenților curenți pulsatorii

Orice curent pulsatoriu are o componentă continuă și una alternativă. Multora, acest lucru li se pare de neînțeles. Într-adevăr, curentul pulsatoriu este un curent bine determinat, care circulă de obicei într-un singur sens, schimbându-și valoarea. Cum se poate dar spune că, acest curent cuprinde un curent alternativ, care își schimbă sensul?

Cu toate acestea, dacă prin același conductor vom face ca de la diferenți generatori

independenți să treacă concomitent doi curenți, unul continuu și altul alternativ, în acest conductor vom obține un curent pulsatoriu (fig. 29)¹⁾. Curenții continuu și alternativ nu vor circula separat prin conductori. Ei se vor uni într-un singur flux de electroni care are proprietățile curentului pulsatoriu.

Adunarea valorilor unui curent continuu și al unui alternativ poate fi reprezentată grafic. În fig. 29, sînt trasate curbele reprezentînd un curent continuu de 15 mA și un curent alternativ cu o amplitudine maximă de 10 mA. Adunînd valorile acestor curenți pentru fiecare moment și ținînd seama de semnele lor, adică de sensuri, vom obține graficul curentului pulsatoriu reprezentat în fig. 29, printr-o linie groasă. Acest curent își schimbă valoarea de la valoarea minimă de

¹⁾ Amplitudinea maximă a curentului alternativ nu trebuie să depășească valoarea curentului continuu.

5 mA (adică 15—10 mA), pînă la valoarea maximă de 25 mA (adică 15+10 mA).

Fenomenul examinat mai sus dovedește pe deplin justetea noțiunii asupra curentului pulsatoriu, ca fiind o sumă a curentului continuu și alternativ. Se constată că este posibil și un fenomen invers. Cu ajutorul

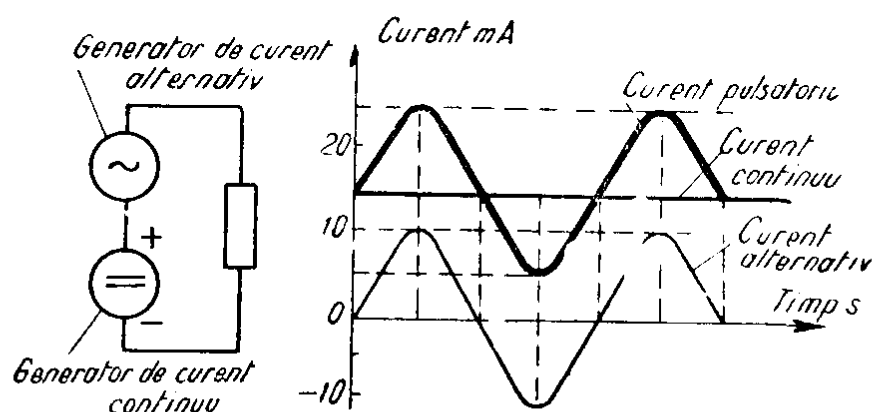


Fig. 29 - Obținerea unui curent pulsatoriu prin adunarea valorilor curenților continuu și alternativ

anumitor aparate, putem separa aceste două componente ale curentului.

Trebuie să subliniem, că orice curent poate fi totdeauna compus din cîțiva curenți. De exemplu, dacă printr-un conductor trece un curent de 5 A, acesta poate fi considerat ca suma a doi curenți de cîte 2 și 3 A, care circulă într-un singur sens, sau suma a doi curenți de 8 și 3 A, care circulă în sensuri diferite, cu alte cuvinte, ca o diferență dintre curenții de 8 și 3 A. Putem alege și alte combinații a doi sau a mai mulți curenți care ne vor da în total un curent de 5 A. Aici există o perfectă asemănare cu următorul exemplu. Să presupunem că asupra unui obiect oarecare acționează două forțe cu același sens, avînd respectiv de 2 și 3 kg. Acestea pot fi înlocuite printr-o singură forță de 5 kg. Două forțe de 8 și 3 kg. care acționează în sensuri opuse, pot și ele fi înlocuite printr-o singură forță de 5 kg. Și invers, avînd o forță de 5 kg, ea poate fi considerată ca suma a două forțe de 2 și 3 kg. cu același sens, sau ca o diferență dintre două forțe de 8 și 3 kg, cu sens opus, sau ca suma oricărei alte combinații din mai multe forțe.

Nu există o necesitate specială de a descompune un curent continuu sau un curent alternativ obișnuit în curenții componenți. Înlocuind însă curentul pulsatoriu prin suma dintre curentul alternativ și continuu și aplicînd acestor curenți componenți legile cunoscute ale curenților continui și alternativi, avem posibilitatea să rezolvăm multe probleme și să facem calculele necesare referitoare la curentul pulsatoriu.

22. DECALAJUL DE FAZĂ LA CURENȚII ALTERNATIVI

Curenții alternativi de aceeași frecvență pot să se deosebească între ei nu numai după amplitudine, ci și după fază, adică pot fi decalați în fază.

Dacă doi curenți alternativi au concomitent valori maxime și trec concomitent prin valorile de nul, se spune că acești doi curenți sînt în fază.

În acest caz, decalajul de fază între acești curenți, reprezentat grafic în fig. 30 a, este egal cu zero. Totuși, sînt posibile și multe alte cazuri cînd fazele maxime (și de nul) la curenții respectivi să nu coincidă în timp. În asemenea cazuri există un decalaj oarecare de fază, diferit de zero. Pentru exemplificare, sînt reprezentate în fig. 30 b curbele pentru curenții cu un decalaj de fază de un sfert de perioadă $\left(\frac{T}{4}\right)$, iar în fig. 30 c, aceleași curbe pentru cazul unui decalaj de fază de o jumătate de perioadă $\left(\frac{T}{2}\right)$.

Decalajul de fază se notează, de obicei, cu litera greacă φ , iar de multe ori este notat în grade, considerînd o perioadă întreagă de 360° , la fel cum o rotație completă corespunde și ea cu 360° . În felul acesta un decalaj de fază de un sfert de perioadă este notat prin $\varphi = 90^\circ$, iar la un decalaj de fază de o jumătate de perioadă $\varphi = 180^\circ$. Dacă avem $\varphi = 30^\circ$, aceasta înseamnă că decalajul de fază este de $1/12$ din perioadă.

Trebuie avut în vedere faptul că numai curenții cu aceeași frecvență pot avea un decalaj de fază complet determinat. Cînd curenții sînt de frecvență di-

ferită, decalajul de fază nu este constant și variază tot timpul.

Toate cele menționate mai sus cu privire la deca-

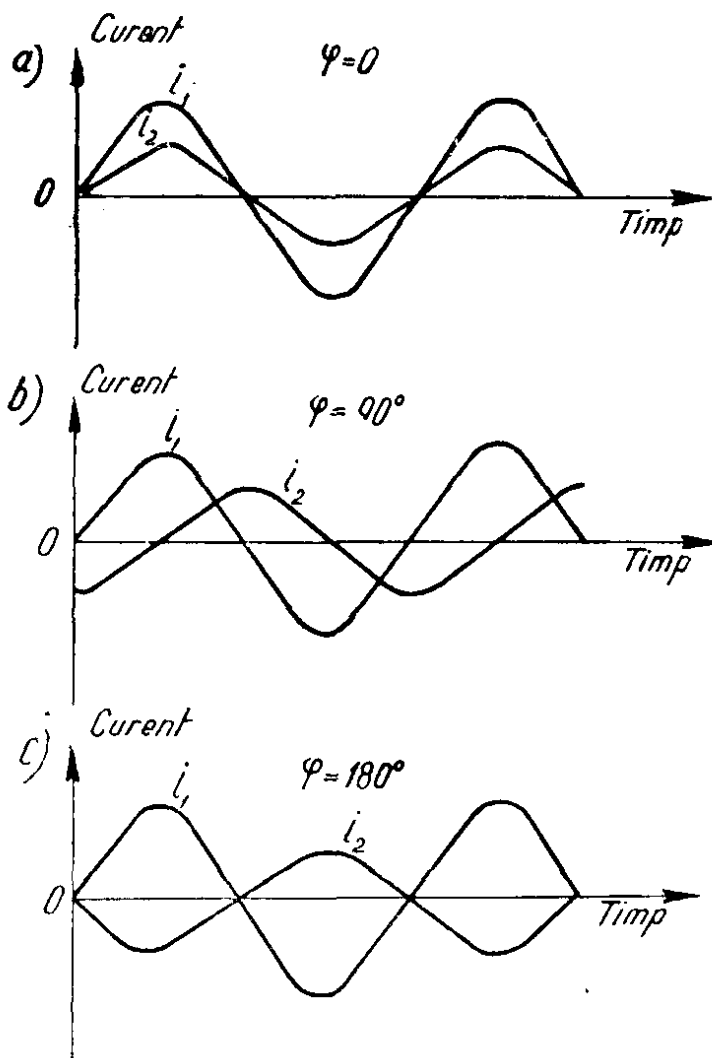


Fig. 30 — Diferite decalaje de fază la doi curenți alternativi

lajul de fază între curenți se pot referi și la tensiuni, sau forțe electromotoare. În expunerea care urmează vom întâlni și asemenea cazuri când va exista un decalaj de fază între tensiune și curent.

23. CURENȚI ALTERNATIVI COMPLECȘI

În afară de curenții alternativi sinusoidali simpli, se întâlnesc de multe ori curenți complecși, pentru care curba reprezentând variația curentului în funcție

de timp, nu este o sinusoidă, ci o curbă mai complexă. Cu alte cuvinte, la acești curenți complecși, legea variației curentului în timp este mai complicată decât la curentul simplu sinusoidal. Un exemplu de curent complex nesinusoidal este reprezentat în fig. 31. Prin urmare, pot exista curenți complecși cu forma cea mai diferită.

Studierea acestor curenți ne-a dovedit că orice curent nesinusoidal complex poate fi prezentat ca fiind compus din mai mulți curenți sinusoidali simpli cu amplitudini diferite, iar frecvențele lor au un număr

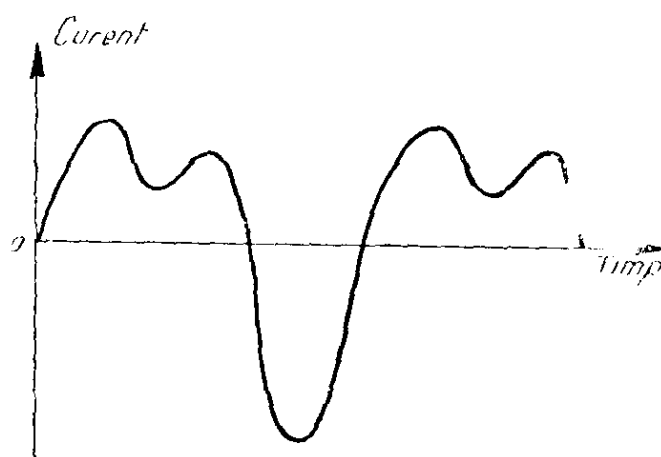


Fig. 31 — Curent complex nesinusoidal

multiplu al frecvenței curentului complex respectiv. Această reprezentare a curentului complex prin mai mulți curenți simpli, are importanță pentru faptul că deseori studiarea unui astfel de curent complex se reduce la analizarea curenților simpli pentru care sînt exprimate toate legile fundamentale în electrotehnică.

Curenții sinusoidali simpli, care intră în componența unui curent complex poartă denumirea de armonice și se numerotează în ordinea crescătoare a frecvenței lor. De exemplu, dacă un curent complex are o frecvență de 50 Hz, prima lui armonică, denumită și oscilație fundamentală, reprezintă un curent sinusoidal cu o frecvență de 50 Hz, armonica a II-a este un curent sinusoidal cu o frecvență de 100 Hz, armonica a III-a are o frecvență de 150 Hz, etc. Așa dar, numărul armonice ne arată de cîte ori frecvența ei

este mai mare decît frecvența curentului complex respectiv.

Cu creșterea numărului armonicelor, amplitudinile lor, în general, se micșorează, dar există și unele excepții de la această regulă. De exemplu, uneori, unele armonici nu există, adică amplitudinile lor sînt egale cu zero. De obicei, numai prima armonică există.

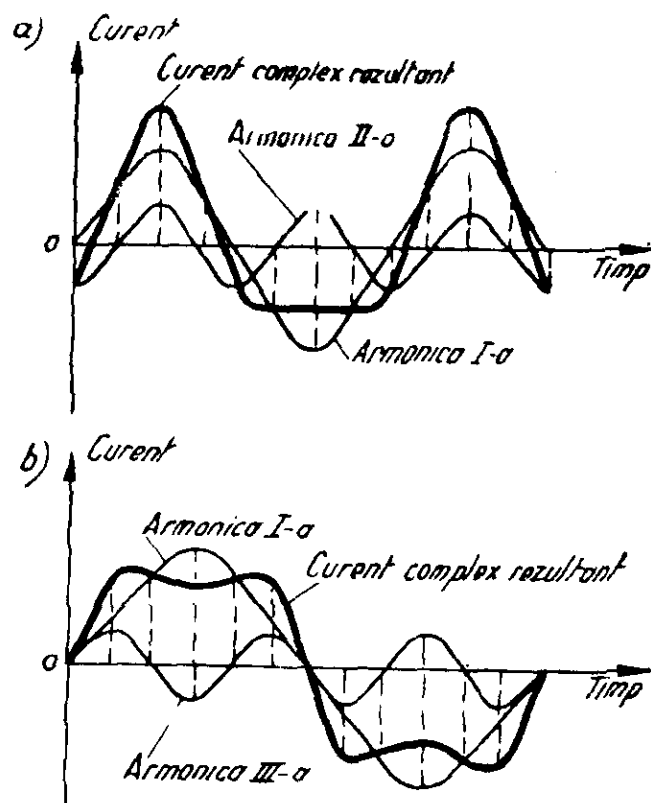


Fig. 32 — Armonicele curenților alternativi complecși

Ca exemplificare, în fig. 32 a este reprezentat graficul unui curent complex, compus din prima armonică și din armonica a II-a cît și graficele acestor armonice, iar în fig. 32 b este reprezentat același lucru pentru un curent compus din prima și a treia armonică. Pe aceste grafice adunarea armonicelor pentru a obține curentul rezultat de formă complexă se face prin simplă adunare a segmentelor verticale, care reprezintă valorile curenților în diferite momente de timp, ținîndu-se seama de semnele lor (de plus și de minus).

Uneori, un curent complex, înafară de armonice mai are în componența lui și un curent continuu, adică o componentă continuă. Este știut că existența unei componente continue este caracteristică curentului pulsatoriu, care și el trebuie considerat ca un curent complex.

24. BOBINE

Variația cîmpului magnetic din jurul unui conductor, creează în acest conductor o f.e.m. indusă. Dacă printr-un conductor trece un curent care își schimbă valoarea, cîmpul magnetic din jurul lui, se va schimba și el, iar în conductor se va induce o f.e.m. Așadar, f.e.m. indusă se obține în același conductor în care se produc variațiile curentului. Acest fenomen poartă denumirea de *inducție proprie*. Conform regulei lui Lenț, f.e.m. indusă acționează totdeauna în sens contrar curentului primar care o induce. Această regulă rămîne valabilă și pentru fenomenul de inducție proprie. De exemplu, la închiderea curentului apare un curent și ia naștere un cîmp magnetic, care induce în conductor o f.e.m. de inducție proprie, cu sens opus curentului și care tinde să împiedice creșterea acestuia. Dacă nu ar exista fenomenul de inducție proprie la închidere, curentul ar ajunge instantaneu la o valoare care poate fi determinată după tensiunea aplicată și rezistența circuitului, însă datorită inducției proprii se obține o creștere progresivă a curentului (fig. 33). Bineînțeles, timpul în care curentul învinge opoziția f.e.m. de inducție proprie, reprezintă fracțiuni mici dintr-o secundă, dar în multe cazuri o asemenea creștere progresivă a curentului are o importanță mare.

Cînd acțiunea tensiunii aplicate încetează, în circuit se observă un fenomen invers. Dacă nu ar fi existat inducția proprie, curentul ar fi încetat instantaneu. Dar, cîmpul magnetic dispărînd, liniile lui de forță străbat conductorul și induc în el o f.e.m. de inducție proprie, care potrivit legii lui Lenț, are un sens care coincide cu curentul. Acum, f.e.m. de inducție pro-

prie tinde să prelungească existența curentului și deaceea curentul nu încetează dintr-odată, ci progresiv.

Fenomenul inducției proprii se opune oricărei variații a curentului din circuit. Când curentul crește, f.e.m. de inducție proprie încetinește, frânează și întârzie această creștere. Când, însă, curentul descrește, f.e.m. de inducție proprie întârzie această scădere.

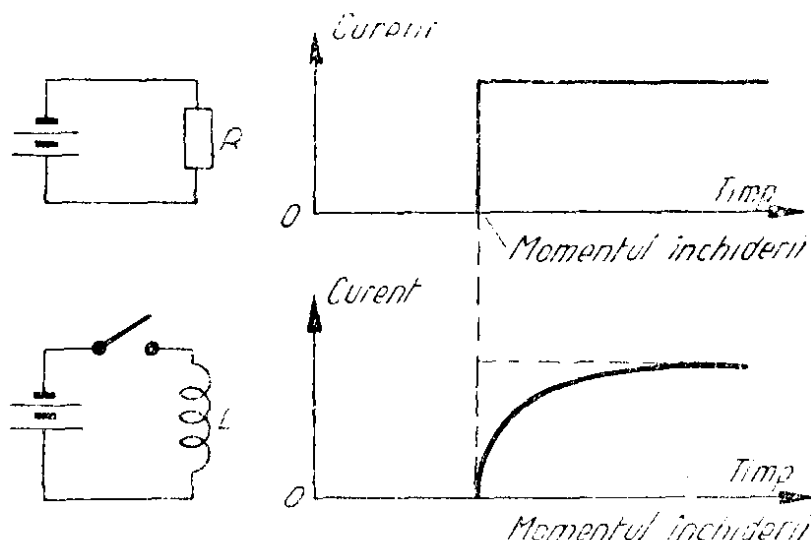


Fig. 33 – Influența inducției proprii asupra creșterii curentului din circuit

Așadar, f.e.m. de inducție proprie atenuează totdeauna variațiile curentului.

În această privință fenomenul inducției proprii ne amintește foarte mult de fenomenul inerției, care se observă la variația vitezei unei mișcări mecanice.

După cum se știe, energia curentului continuu se cheltuiește prin încălzirea conductorului. Când curentul apare însă, în afară de consumul de energie pentru încălzirea conductorului, mai intervine și o altă cheltuială de energie pentru crearea câmpului magnetic, în care se acumulează o anumită cantitate de energie. Când curentul dispare, această energie revine din câmpul magnetic în conductor și creează în circuit un curent indus, care continuă după ce curentul principal a încetat.

Conductorul rectiliniu are un flux magnetic mic și deaceea, la el fenomenul de inducție proprie se manifestă relativ puțin. Inducția proprie se manifestă

mult mai puternic la o bobină. Cu cît există mai multe spire și cu cît diametrul bobinei este mai mare, cu atît fenomenul de inducție proprie este mai puternic. Introducînd în bobină un miez din material magnetic, fluxul magnetic se va mări de mai multe ori, iar fenomenul de inducție proprie va deveni și el mult mai puternic.

În toți conductorii, fenomenul de inducție proprie este caracterizat prin coeficientul de inducție proprie sau inductanță. Această mărime se notează cu litera L . Deoarece fenomenul de inducție proprie constă în apariția f.e.m. induse în conductor, la variația curentului în acesta, inductanța caracterizează tocmai valoarea f.e.m. de inducție proprie în funcție de variațiile curentului. Unitatea inductanței se numește henry și se notează prescurtat cu H .

Un henry este inductanța conductorului în care se obține o f.e.m. de inducție proprie de 1 V, la o variație uniformă a curentului de 1 A pe secundă.

Dacă într-o bobină oarecare, la o variație uniformă a curentului de 1 A într-o secundă a apărut o f.e.m. de inducție proprie de 40 V, inductanța acestei bobine este de 40 H.

Adesea se folosesc unități mult mai mici ale inductanței și anume milihenry (mH) și microhenry (μH), egale respectiv cu 0,001 H și 0,000 001 H.

Inductanța bobinei este cu atît mai mare, cu cît ea are un diametru mai mare, cu atît are o lungime mai mică și cu cît are mai multe spire. Inductanța este proporțională cu patratul numărului spirelor. Dacă vom mări numărul spirelor de 2, 3, 4 ori, inductanța va crește corespunzător, de 4, 9, 16 ori. Dacă diametrul conductorului se micșorează, inductanța va crește puțin. Introducînd în interiorul bobinei un miez feromagnetic, inductanța se va mări de mai multe ori.

Cînd vom lega în serie mai multe bobine, inductanța totală va fi egală cu suma inductanțelor fiecărei bobine. Această regulă este valabilă pentru cazul cînd bobinele nu se influențează reciproc prin cîmpurile lor magnetice. Legarea bobinelor în paralel, provoacă o scădere a inductanței și se folosește rar.

Bobina de inducție opune curentului continuu o rezistență mică; aceasta depinde numai de lungimea, grosimea și materialul din care este fabricat conductorul. Rezistența în curent continuu poartă denumirea de *rezistență electrică* sau *rezistență*. În curent alternativ, bobina mai are și o reactanță inductivă, prezența ei fiind explicată prin fenomenul inducției proprii. Impiedicînd toate variațiile curentului, bobina opune o rezistență foarte mare la trecerea curentului alternativ, aceasta numindu-se *reactanță inductivă*. Ea încetinește creșterea curentului și deaceia curentul alternativ în variațiile sale nu va atinge valoarea care ar fi putut fi atinsă în cazul cînd nu ar fi existat bobina.

Cu cît frecvența curentului alternativ este mai mare, adică atunci cînd curentul variază mai brusc și mai repede, cu atît opunerea inducției proprii la aceste variații va fi mai mare. Micșorînd frecvența, reactanța inductivă se micșorează. La o frecvență egală cu zero, adică la curent continuu, reactanța inductivă este și ea egală cu zero, deoarece în curent continuu nu există fenomenul inducției proprii. Așadar, aceeași bobină are rezistențe diferite pentru curenți cu frecvență diferită.

Deci, cu cît frecvența este mai mare, adică cu cît este mai mare inductanța, cu atît va fi mai mare și reactanța inductivă.

Mărimea reactanței inductive se notează cu X_L , este exprimată în Ω și se calculează cu ajutorul formulei:

$$X_L = 6,28 fL, *)$$

în care, f este frecvența în Hz, iar L este inductanța în H. În această formulă este uneori comod ca în loc de 6,28 să luăm 6,25, ceea ce ne dă o eroare foarte mică.

Pentru exemplificare, să aflăm reactanța inductivă a unei bobine cu o inductanță de 2 mH, pentru un curent cu o frecvență de 500 kHz. Transformăm mH în H și kHz în Hz. Vom obține $L = 0,002$ H și $f =$

*) Deobicei, se notează $6,28 f = \omega$, deci formula se mai poate scrie $X_L = \omega L$. (N. trad.)

$= 500\,000$ Hz. Înmulțind aceste valori între ele, apoi cu 6,28, vom afla $X_L := 6\,280\ \Omega$. Dacă frecvența va fi de 500 Hz, adică de 1 000 ori mai mică, reactanța inductivă se va micșora și ea de 1 000 ori și va fi numai 6,28 Ω .

În tabela 2 sînt date valorile reactanței inductive pentru bobine cu inductanțe diferite la frecvențe diferite.

Reactanța inductivă are o proprietate foarte importantă: în ea nu se consumă energie. În curent continuu, energia curentului din fiecare rezistență se transformă în căldură, datorită faptului că electronii în mișcare se ciocnesc de particulele conductorului. La fiecare bobină, conductorul pentru curent alternativ are și el o asemenea rezistență și energia curentului alternativ se cheltuiește pentru încălzirea conductorului, în aceeași măsură ca și în curent continuu. Acest consum de energie se referă însă numai la rezistența conductorului însuși. În reactanța inductivă, pe care o are în plus bobina, se petrece următorul proces. În cursul unui sfert de perioadă cînd curentul crește, energia curentului se cheltuiește pentru crearea cîmpului magnetic și se acumulează în bobină, iar în sfertul de perioadă următor, cînd curentul descrește și cîmpul magnetic se micșorează, energia cîmpului magnetic se transformă din nou în energie a curentului. După cum am arătat mai sus, aceasta se explică prin faptul că la scăderea cîmpului magnetic, potrivit cu legile fundamentale ale inducției, în bobină ia naștere o f.e.m. de inducție proprie, care coincide ca sens cu curentul și caută să-l mențină. În timp de un sfert de perioadă bobina funcționează ca receptor, iar în sfertul de perioadă următor, ca generator.

De aici denumirea de *reactanță inductivă*. Ea provine dela cuvîntul reacție, adică contraacțiune sau acțiune inversă și arată că energia acumulată în cîmpul magnetic al bobinei nu se consumă, ci este recuperată în întregime.

La curentul alternativ se numește totdeauna rezistență, elementul în care are loc o pierdere de energie nerecuperabilă, adică o transformare a energiei cu-

rentului într-o altă formă de energie, de exemplu în energie calorică.

Reactanța inductivă se datorește f.e.m. de inducție proprie, care ia naștere în bobină la variația curentului. Această f.e.m. micșorează curentul, adică, prin acțiunea sa se aseamănă cu rezistența, dar nu are ca rezultat un consum de energie suplimentară nerecuperabilă.

În circuitul de curent alternativ, bobina nu numai că produce o reactanță inductivă, dar provoacă și un decalaj de fază între tensiune și curent. Analizînd valorile curentului continuu într-un circuit cu bobină, s-a constatat că el crește treptat (fig.33), adică curentul ajunge la valoarea maximă cu o oarecare întîrziere față de tensiunea aplicată. Cînd se conectează la un generator de curent alternativ o bobină, variația curentului va avea întîrzieri față de variația tensiunii.

Să presupunem, de exemplu, că bobina este conectată într-un moment cînd tensiunea are valoarea maximă. Curentul nu poate crește instantaneu, ci treptat (fig. 34 a), deoarece creșterii lui i se opune f.e.m. de inducție proprie. Dar în timp ce curentul crește, tensiunea scade. Dacă rezistența bobinei este mult mai mică de cît reactanța inductivă, curentul va avea valoarea maximă în momentul 1, cînd tensiunea va scădea pînă la zero. În fig. 34 a este reprezentat tocmai acest caz.

Concomitent cu curentul, în bobină ia naștere și se mărește cîmpul magnetic, în care se acumulează energia cedată de generator. Valoarea maximă a curentului în momentul 1, ne dovedește că în cîmpul magnetic al bobinei s'a acumulat maximul de energie primită de bobină de la generator în primul sfert de perioadă.

Mai departe curentul va scădea treptat, deoarece el este menținut de f.e.m. de inducție proprie. Cîmpul magnetic scade, iar energia acumulată în el revine treptat în generator. În acest timp, tensiunea generatorului crește, dar de data aceasta în sens opus. La sfîrșitul celui de al doilea sfert de perioadă (momentul 2), curentul scade pînă la zero. Aceasta în-

Tabela 2

Reactanța inductivă a bobinelor (în Ω)

Frecvența	I n d u c t a n Ț a				
	2 μ H	20 μ H	200 μ H	2 mH	2 H
	20 H				
Reactanța inductivă, în Ω					
50 Hz	0,00063	0,0063	0,063	0,63	6 280
1 000 "	0,0126	0,126	1,26	12,6	125 600
200 kHz	2,52	25,2	252	2 520	25,2 M Ω
1 000 "	12,6	126,0	1 260	12 600	126 M Ω
10 000 "	126,0	1 260,0	12 600	126 000	1260 M Ω

seamnă că a dispărut cîmpul magnetic din bobină și întreaga energie s-a reîntors în generator. În acest moment starea din circuitul electric este aceeași ca și în momentul inițial 0 adică valoarea curentului este egală cu zero, iar tensiunea ajunge la maximul valorii sale, dar în sens opus. De aceea, întregul pro-

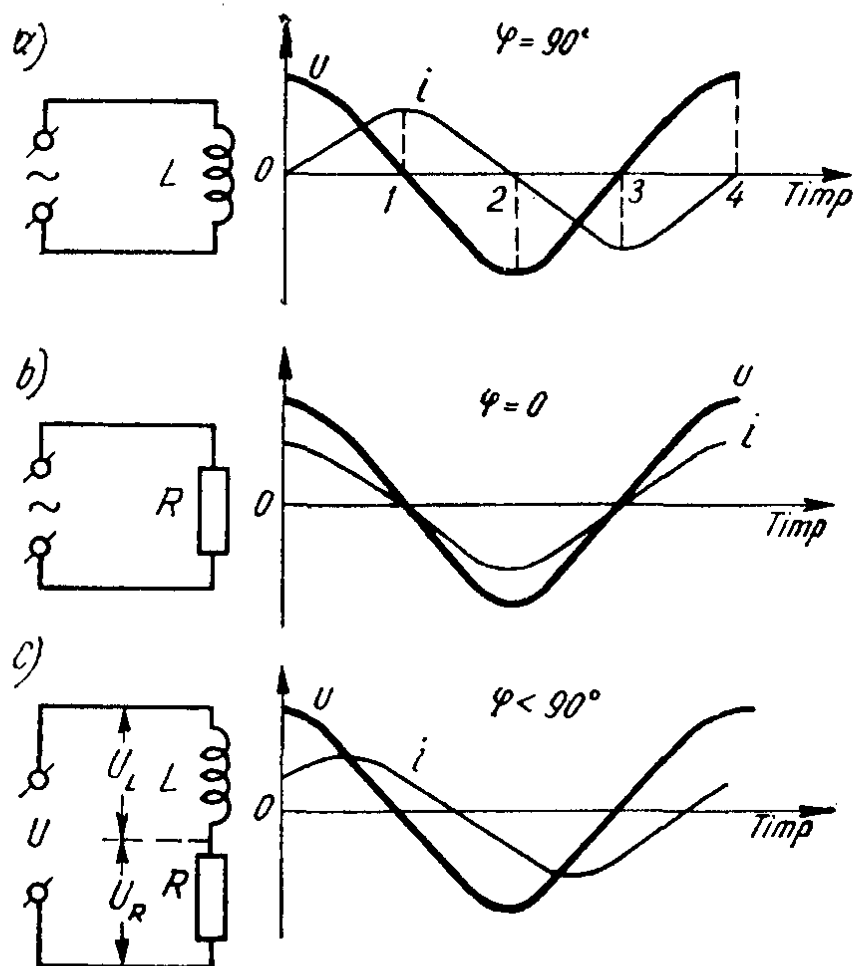


Fig. 34 — Influența inductanței asupra decalajului de fază între curent și tensiune

ces se va repeta din nou, dar în sens opus. După cum se vede, curentul din bobină întârzie în fază față de tensiune cu un sfert de perioadă, adică cu 90° .

Dacă la un circuit de curent alternativ este conectată o rezistență neinductivă, între curent și tensiune nu se va produce un decalaj de fază: variațiile în timp ale tensiunii și curentului coincid (fig. 34 b). În circuitul serie, compus dintr-o reactanță inductivă și o rezistență (fig. 34 c) are loc un decalaj de fază

oarecare mijlociu între tensiunea aplicată circuitului U și curentul I (acest decalaj este mai mic de 90° , dar mai mare decât zero). Cu cât reactanța inductivă este mai mare în comparație cu rezistența, cu atât decalajul de fază este mai aproape de 90° . În bobina L , decalajul de fază între tensiunea din bobină, U_L și curentul I este de 90° , iar în rezistența R , decalajul de fază dintre tensiunea U_R și curentul I este egal cu zero.

Datorită fenomenului de inducție proprie, în orice conductor străbătut de un curent alternativ se observă efectul numit pelicular. Astfel, curentul alternativ, spre deosebire de cel continuu, nu trece prin toată secțiunea transversală a conductorului, ci numai printr'un strat de la suprafață, care devine cu atât mai subțire, cu cât frecvența crește. De aceea, secțiunea de lucru utilă la curentul alternativ este cu mult mai mică, decât la curentul continuu. Prin urmare, rezistența conductorului în curent alternativ este totdeauna mai mare decât rezistența în curent continuu și, cu cât frecvența este mai mare, cu atât această diferență este mai mare (fig. 35). La o frecvență de 50 Hz, efectul pelicular aproape că nu există, dar el se manifestă foarte puternic la frecvențele înalte pentru care, se folosesc adesea conductori tubulari, întrucât nu este nevoie de partea interioară a conductorului. De multe ori, pentru frecvențe înalte, suprafața conductorului este acoperită cu un strat de argint. Pentru a mări suprafața, se folosesc conductori din mai multe sîrme subțiri izolate între ele. Datorită efectului pelicular, curentul de înaltă frecvență nu este atât de periculos chiar la o tensiune înaltă, deoarece el trece prin suprafața corpului (pe piele) și nu perturbază funcțiunile organice normale.

Așadar, fiecare bobină are o reactanță inductivă și o rezistență. *Impedanța bobinei* în curent alternativ, care se notează cu liteză Z , nu se determină printr-o simplă adunare a acestor două rezistențe, ci pe o cale mult mai complexă. Totuși, în practică, în majoritatea cazurilor, reactanța inductivă este cu mult mai

mare decît rezistența și de aceea, aceasta din urmă este de multe ori neglijată. Se consideră cu aproximație că bobina are numai *reactanță inductivă*.

Bobinele folosite în aparatele de radio pot fi întrebuințate numai pentru curenți de joasă frecvență și pentru curenți de înaltă frecvență.

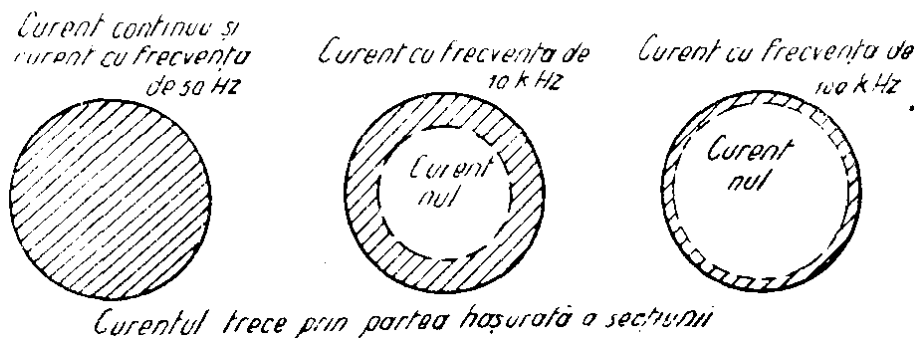


Fig. 35 — Secțiunea utilă a unui conductor pentru diferite frecvențe ale curentului (efect pelicular)

Bobinele pentru curenți de joasă frecvență au totdeauna un miez de fier și foarte multe spire. Inductanța lor poate avea o valoare foarte mare (zeci și chiar sute de henry). Miezurile acestor bobine nu sunt masive, fiind confecționate din tablă subțire (numite tole) din fier special de transformator, izolate între ele cu foi subțiri de hîrtie sau cu lac. Această izolație servește ca să împiedice producerea curenților turbionari (sau curenți paraziți) în miez. Fluxul magnetic alternativ induce o f.e.m. și în miez, întrucît acesta este bun conducător. Dacă miezul este masiv, în el vor lua naștere curenți destul de mari, care-l vor încălzi și vor provoca pierderi mari de energie. Acești curenți turbionari consumă o mare parte a puterii curentului. Intr-un miez confecționat din tole izolate între ele, pierderile pentru producerea curenților turbionari scad mult. În afară de aceasta, în miez se mai produc și pierderi pentru remagnetizare. Sub influența fluxului magnetic alternativ, moleculele din miez se rotesc tot timpul și se produce o frecare interioară și din această cauză miezul se încălzește și mai mult. Pierderile acestea de energie numite *pierderi prin is-*

tereză magnetică, sînt minime în miezuri confecționate din materiale magnetice speciale.

Bobinele pentru curenții de înaltă frecvență, se construiesc adesea fără miez de fier și au, relativ, puține spire, cîteva zeci sau sute. Inductanța lor este între cîteva μH , pînă la cîteva mH.

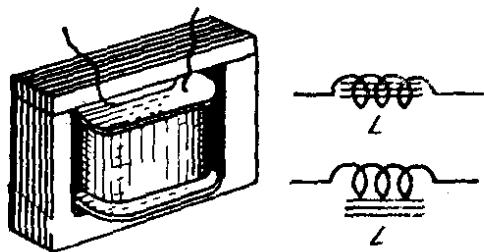


Fig. 36—Bobina de șoc de joasă frecvență și reprezentarea ei convențională

În ultimul timp se întrebuițează, cu bune rezultate, bobine de înaltă frecvență, cu miezuri confecționate din magnetodielectrics.

Aceste miezuri se fabrică din praf fin dintr-un material magnetic, înțeliat cu lac izolant. Ele dau pierderi de energie foarte mici și permit reducerea dimensiunilor bobinei.

Bobinele de înaltă frecvență se folosesc fie pentru acordarea aparatelor de recepție sau de emisie la frecvențe diferite, fie ca bobine de șoc, care servesc pentru crearea unei reactanțe inductive mari, pentru curenții de diferite frecvențe. Bobinele de șoc de înaltă frecvență, au în cazul unor inductanțe relativ mici, de cîteva unități sau fracțiuni de mH, o reactanță inductivă destul de mare. Se întrebuițează foarte mult și bobinele de șoc de joasă frecvență, în care, pentru a obține o reactanță inductivă mare, se folosesc miezuri de fier închise, înfășurate cu cîteva sute și chiar zeci de mii de spire (fig. 36).

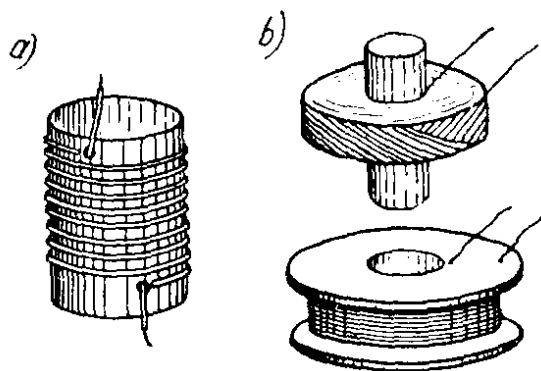


Fig. 37—Bobină cu un singur strat (a) și cu mai multe straturi (b) pentru curenți de înaltă frecvență

Bobinele pentru înaltă frecvență se fabrică de două tipuri și anume: cînd au un număr de spire relativ

mic, ele sînt înfășurate într-un singur strat pe o carcasă cilindrică (fig. 37 a), iar cînd au un număr mai mare de spire, înfășurarea se face în mai multe straturi (fig. 37 b).

Bobinele cu inductanța variabilă, au diferite construcții. Uneori, pe spirele bobinei se poate deplasa un cursor ca și la reostat (fig. 38 a). De multe ori, bobina se confecționează cu derivații de la grupuri de spire și în acest caz, putem varia inductanța în trepte sau salturi cu ajutorul unui comutator (fig. 38 b).

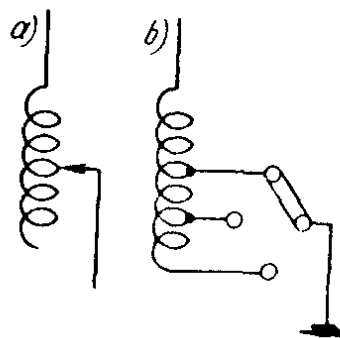


Fig. 38 Procedee pentru variația inducției bobinelor

O variație lentă a inductanței se obține cu ajutorul variometrului. El se compune din două bobine legate în serie, din care una este fixă, iar cealaltă se poate deplasa față de prima. De obicei, bobina mobilă, numită *rotor*, se poate roti pe o axă în interiorul bobinei fixe, care se numește *stator*. În scheme, variometrul este reprezentat ca în fig. 39.

Dacă bobinele variometrului sînt așezate una față de alta sub un unghi drept (fig. 39 a), inductanța totală a variometrului în această poziție este egală cu suma

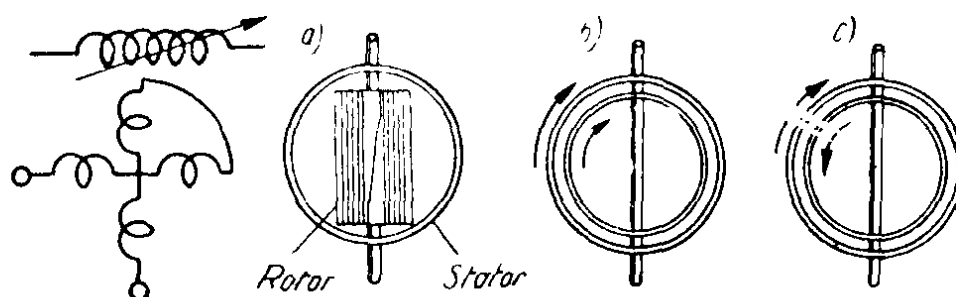


Fig. 39—Construcția variometrului și reprezentarea lui convențională

inductanțelor bobinelor. Intorcînd bobina mobilă cu 90° față de această poziție, într-o parte sau în alta, direcțiile spirelor vor coincide, iar sensurile curenților din bobine vor fi aceleași, sau opuse (fig. 39 b, c). În aceste poziții influența reciprocă a bobinelor va fi cea mai

mare, dar în primul caz, inductanța totală se va mări întrucît cîmpurile magnetice ale bobinelor se adună. În cel de al doilea caz, însă, inductanța totală se va micșora, deoarece cîmpurile magnetice se slăbesc reciproc. Așadar, cînd rotorul se rotește cu 180° dintr-o poziție extremă în cealaltă, inductanța variază lent de la valoarea maximă pînă la cea minimă.

În ultimul timp se întrebuițează și ferovariometre, în care inductanța bobinei variază datorită deplasării în interiorul ei a unui miez magnetodielectric.

25. TRANSFORMATORI ȘI AUTOTRANSFORMATORI

În radiotehnică se întrebuițează foarte mult transformatorii care servesc la transformarea curențului alternativ cu o anumită tensiune în curent alternativ de altă tensiune.

Primii transformatori electrici în lume au fost inventați în anul 1876 de eminentul savant electrotehnician rus P. N. Iablocicov.

Transformatorul are două înfășurări, care de obicei sînt așezate pe un miez comun dintr-un material magnetic, de exemplu, din fier (fig. 40 a). Una din înfășurări, cea primară, se conectează la generatorul de curent alternativ care trebuie transformat. Curentul din înfășurarea primară creează, în miez, un flux magnetic variabil. Miezul transformatorului se construiește de obicei cu o formă închisă, pentru ca liniile de forță magnetice să prăcurgă tot drumul lor prin fier și să nu se disperseze în aer. Fluxul magnetic variabil induce în înfășurarea secundară o f.e.m. alternativă, a cărei valoare depinde de numărul spirelor din această înfășurare și de viteza variației fluxului magnetic, după cum rezultă din legile fundamentale ale inducției electromagnetice. Dacă înfășurarea secundară are mai multe spire decît înfășurarea primară, tensiunea secundară U_2 va fi mai mare decît tensiunea primară U_1 și transformatorul se numește ridicător de tensiune. Dacă, însă, înfășurarea secundară are un număr de spire mai mic decît cea primară, tensiunea secundară va

fi mai mică decît cea primară, iar transformatorul poartă denumirea de coborîtor de tensiune.

Puterea obținută la înfășurarea secundară, P_2 , este aproape egală cu puterea curentului din înfășurarea primară P_1 , întrucît pierderile de energie în transformator sînt mici. Puterea este, însă, produsul dintre tensiune și curent. De aceea, ridicînd tensiunea cu ajutorul transformatorului, se produce în același timp micșorarea curentului și invers, iar produsul dintre tensiune și curent rămîne aproximativ același.

Să presupunem că în înfășurarea primară tensiunea este de 200 V iar curentul de 1 A. În acest caz, puterea primară va fi de 200 W. Să presupunem că transformatorul coboară tensiunea de patru ori. Tensiunea secundară va fi de 50 V, iar curentul va crește de patru ori și va deveni egal cu 4 A. Puterea curentului din circuitul secundar va fi, ca și în primul caz, de $50 \cdot 4 = 200$ W.

Fiecărui transformator îi este caracteristică valoarea puterii normale, care poate fi transmisă prin transformator. Cea de a doua valoare caracteristică este tensiunea normală pentru care este prevăzută înfășurarea primară. Se pot aplica transformatorului tensiuni și puteri mai mici, însă majorarea lor peste valorile normale este inadmisibilă, deoarece miezul și înfășurările transformatorului se vor supraîncălzi.

O altă valoare foarte importantă este raportul de transformare n , care reprezintă raportul dintre numărul spirelor din înfășurarea primară W_1 și numărul spirelor din înfășurarea secundară W_2 , sau raportul dintre

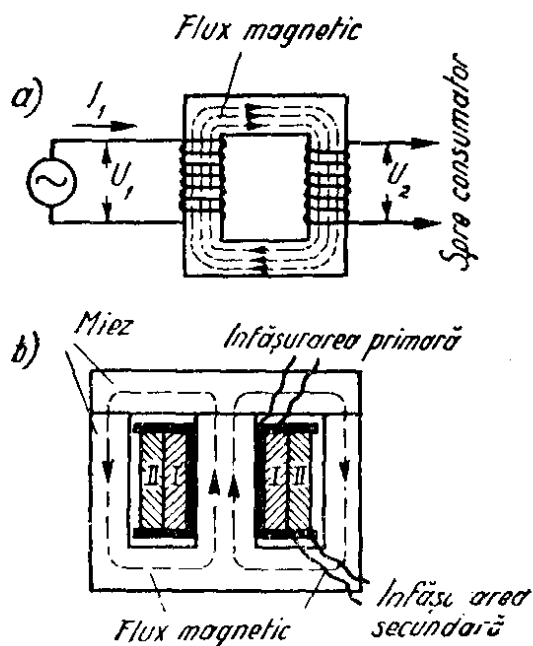


Fig. 40 — Construcția transformatorilor

tensiunea primară și cea secundară. De exemplu, dacă la un transformator $w_1 = 500$, iar $w_2 = 1\,000$, raportul de transformare va fi de 1:2. În acest caz, avem un transformator care ridică tensiunea de două ori. La transformatorii ridicători, raportul de transformare va fi totdeauna mai mic decât unitatea.

Se examinăm un alt exemplu. Să presupunem că avem un transformator cu $w_1 = 600$ și $w_2 = 30$. Acest transformator este coborîtor de tensiune, iar raportul lui de transformare este: $n = 600 : 30 = 20 : 1$. Tensiunea este coborîtă de 20 ori. La transformatorii coborîtori, raportul de transformare este totdeauna mai mare decât unitatea.

Puterea normală, tensiunea primară și raportul de transformare determină numărul spirelor din înfășurări, secțiunea miezului, diametrii conductorilor înfășurărilor și alte elemente ale transformatorului. Cu cît tensiunea dintr-o înfășurare este mai mare, cu atît ea trebuie să aibă mai multe spire. Totodată se schimbă și diametrul conductorului, deoarece la tensiuni mai înalte curentul scade și deci conductorul poate fi luat cu un diametru mai mic.

Cea mai răspîndită este construcția transformatorului în manta, care are un flux magnetic ramificat. Miezul lui cu coloana mijlocie mai lată și cu cele două coloane laterale mai înguste se aseamănă cu litera rusă „Ш” închisă la partea liberă. Înfășurările sînt așezate pe o singură carcasă, fixată pe coloana mijlocie care este mai lată (fig. 40 b).

De obicei se face o înfășurare cilindrică. În acest caz, carcasa bobinei se confecționează din carton sau din alt material izolant, iar pe ea se bobinează înfășurările, una peste alta. Este indiferent care din înfășurări va fi înafară și care va fi înăuntru. Uneori, înfășurările se fac sub forma de bobine separate, fără carcasă, care se așează pe miez.

Înfășurarea trebuie să umple complet spațiul interior al miezului, care se numește fereastră. Trebuie să se asigure o bună izolație a conductorului și a înfășurărilor între ele și între ele și miez. Înfășurările primară și secundară trebuie așezate cît mai apro-

ape una de alta, pentru a micșora fluxul magnetic de dispersiune, care constă din faptul că o parte din fluxul magnetic, creat de curentul primar nu străbate spirele înfășurării secundare și deci nu ia parte la transformare. Pentru a micșora dispersiunea magnetică, înfășurările sînt uneori împărțite în secțiuni, iar secțiunile înfășurărilor primare și secundare sînt așezate alternativ. Pentru micșorarea pierderilor de energie, miezul se confecționează totdeauna din tole de fier special.

Sînt posibile două cazuri principale de funcționare a transformatorului. Cînd înfășurarea secundară este deschisă, transformatorul funcționează într-un regim de mers în gol. Bobina primară funcționează ca o bobină de șoc și consumă foarte puțin curent. Puterea acestui curent se cheltuiește numai pentru pierderile foarte mici din miez și pentru încălzirea conductorului înfășurării primare. În acest regim, tensiunea secundară este maximă.

Cînd înfășurarea secundară este închisă printr-o rezistență oarecare, adică pe un receptor de curent, se obține un regim de sarcină. Cu cît această rezistență de sarcină este mai mică, cu atît curentul secundar și puterea din circuitul secundar este mai mare. În același timp crește și curentul primar, întrucît puterea din circuitul primar este aproape egală cu puterea secundară. Tensiunea înfășurării secundare a transformatorului este sub sarcină, ceva mai mică decît la mersul în gol, deoarece există pierderi de tensiune în rezistența înfășurării secundare. Înfășurarea secundară nu trebuie scurtcircuitată, deoarece curentul acestei înfășurări ar crește prea mult, la fel ca și curentul primar, iar transformatorul, se poate arde.

Partea înfășurării secundare a transformatorului poate fi considerată ca un generator cu o anumită f.e.m. și o oarecare rezistență interioară. Partea înfășurării primare a transformatorului este o rezistență de sarcină pentru generatorul care alimentează transformatorul. Pentru alimentarea aparatelor de radiorecepție și a amplificatorilor dela o rețea de

curent alternativ, servesc transformatorii de putere cu o singură înfășurare primară și câteva înfășurări secundare pentru tensiuni diferite. În fig. 41 este reprezentată schema unui asemenea transformator.

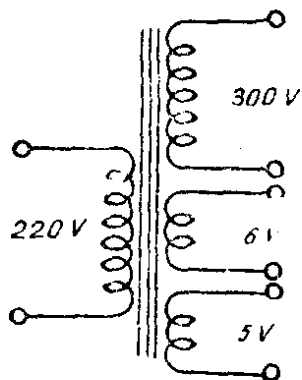


Fig. 41 — Schema unui transformator de putere cu câteva înfășurări

În multe scheme ale aparatelor de recepție și ale amplificatorilor se întrebuițează transformatori de joasă frecvență cu miez de fier închis.

Se folosesc foarte mult și transformatori de înaltă frecvență cu două bobine așezate una lângă alta (fig. 42), fără miez de fier, în care se produc mari pierderi de energie la frecvențe înalte. Uneori, la transformatorii de înaltă frecvență se întrebuițează miezuri magnetodielectrice.

Transformatorul de înaltă frecvență face un cuplaj inductiv între două circuite. Asemenea cuplaj este făcut uneori variabil. În acest caz, poziția bobinelor una față de alta se poate schimba, la fel ca și la variometru. Cuplajul variabil se reprezintă în scheme printr-o săgeată.

În aparatele de radio se găsesc și autotransformatori în care înfășurarea primară și cea secundară nu sînt izolate între ele. Acești autotransformatori se folosesc, în special, pentru alimentarea de la rețea a aparatelor de recepție și a amplificatorilor. La un autotransformator coborîtor, înfășurarea secundă este constituită dintr-o parte a înfășurării primare (fig. 43 a). Un asemenea autotransformator poate fi considerat ca un divizor de tensiune, iar la un autotransformator ridicător, înfășurarea primară este o parte a înfășurării secundare (fig. 43 b).

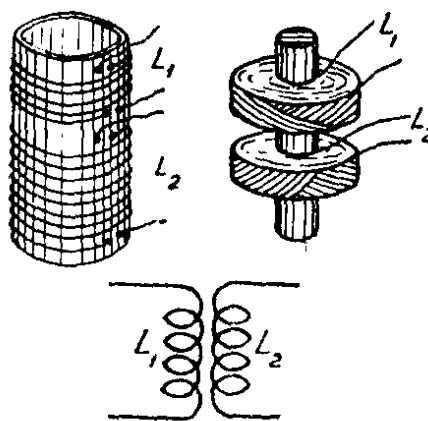


Fig. 42 — Transformatori de înaltă frecvență și reprezentarea lor convențională

De multe ori se întrebuițează autotransformatori care dau cîteva tensiuni diferite. Pentru exemplificare, s-a reprezentat în fig. 43 c un autotransformator conectat cu o parte din înfășurare (bornele 0 și 127) la tensiunea rețelei de 127 V. Dela o parte și mai mică a înfășurării (bornele 0 și 6), putem obține o tensiune

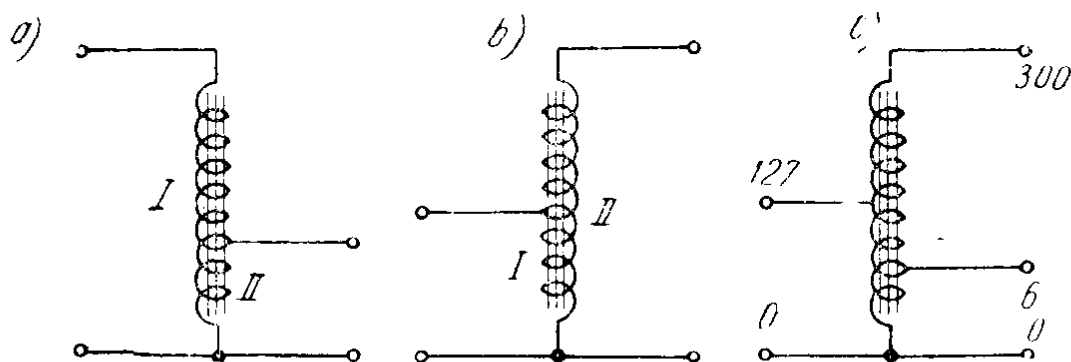


Fig. 43 — Schema autotransformatorului: coborîtor (a), ridicător (b) și universal (c)

de 6 V, iar întreaga înfășurare (bornele 0 și 300) dă o tensiune de 300 V.

În comparație cu un transformator obișnuit de aceeași putere, autotransformatorul are un miez cu o secțiune mai mică și o cantitate mai mică de conductori în înfășurări. Autotransformatorii fără miez de fier sau cu miez din materiale magnetodielectrice, se întrebuițează și la frecvențe înalte.

26. CONDENSATORI

Pe orice conductor se poate crea o sarcină electrică pozitivă sau negativă. Cu cît conductorul are dimensiuni mai mari, cu atît capacitatea lui electrică este mai mare, adică el poate cuprinde mai multe sarcini electrice, tot astfel după cum la aceeași presiune într-un vas cu o capacitate mai mare, putem introduce în mod corespunzător o cantitate mai mare de gaz. Volumul vasului determină capacitatea lui. La aceeași temperatură, un corp cu o masă mai mare, poate acumula mai multă căldură. Masa unui corp determină capacitatea lui calorică, deci cantitatea de energie calorică pe care o poate conține.

Valoarea capacității electrice se notează cu litera C. Pentru măsurarea capacității există cîteva unități diferite. În trecut, era utilizat centimetrul ca unitate de capacitate, care nu trebuie confundat cu centimetrul liniar și nici cu centimetrul pătrat sau cub. Centimetrul de capacitate este capacitatea unei sfere metalice cu o rază de 1 cm.

În prezent, unitatea practică de bază pentru capacitate este faradul, notat cu litera F. Capacitatea de 1 F este foarte mare și de aceea în practică se întrebuintează unități mai mici și anume: *microfaradul* (μF), care reprezintă $1/1\,000\,000$ dintr-un farad, și *micro-microfaradul* ($\mu\mu\text{F}$) sau *picofaradul* (pF), care reprezintă $1/1\,000\,000$ dintr-un microfarad. Între picofarad și centimetrul de capacitate există următoarea corelație simplă: $1\text{ pF} = 0,9\text{ cm}$, sau $1\text{ cm} = 1,1\text{ pF}$.

Un singur conductor luat separat are o capacitate mică, dar există aparate care la dimensiuni mici ale conductorilor, au o capacitate foarte mare, dînd posibilitate să se acumuleze sarcini electrice mari la tensiuni relativ joase. Asemenea aparate poartă denumirea de condensatori, de la cuvîntul condensare.

Condensatorul are menirea să acumuleze sarcini electrice.

Cea mai simplă formă de condensator se compune din două plăci metalice, separate între ele printr-un strat izolator de aer, sau orice alt dielectric (fig. 44). Plăcile, care se numesc *armături*, se încarcă, una cu electricitate pozitivă, iar cealaltă, cu electricitate negativă. Datorită atracției reciproce puternice, sarcinile se rețin una pe alta și de aceea în condensator se pot acumula sarcini electrice foarte mari.

Între armăturile condensatorilor se creează un cîmp electric care va fi cu atît mai puternic, cu cît diferența de potențial între armături este mai mare și cu cît acestea sînt mai aproape una de alta. Liniile de forță ale acestui cîmp pleacă de la armătura încărcată pozitiv spre armătura încărcată negativ, după cum sînt reprezentate în fig. 45. În acest cîmp electric se acumulează energia sarcinilor electrice concentrate pe armături.

Cu cît suprafața armăturilor este mai mare, cu atît capacitatea condensatorului va fi și ea mai mare. Aici trebuie să ținem seama numai de suprafața de lucru, adică de suprafața acelei părți a armăturii în fața

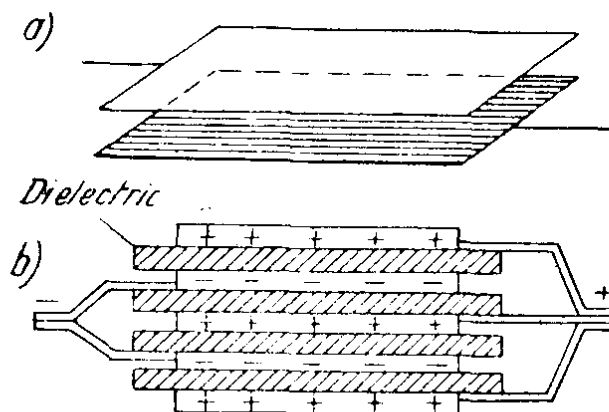


Fig. 44 - Construcția unui condensator cu două și cu mai multe plăci

căreia se află cealaltă armătură. In afară de aceasta, cu cît plăcile sînt mai aproape una de alta, cu atît atracția dintre sarcini este mai mare și cu atît capacitatea va fi mai mare. Ca exemplificare vom arăta

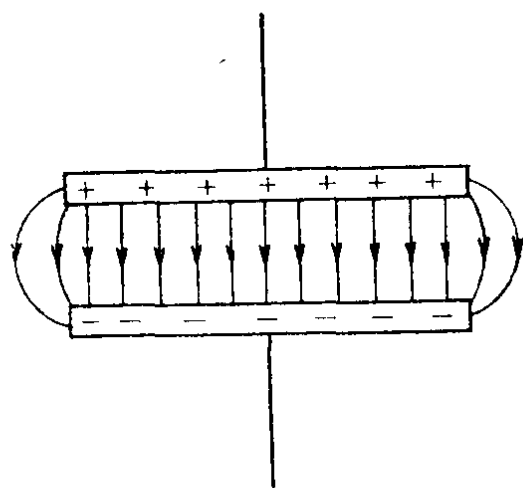


Fig. 45—Cîmpul electric într-un condensator

că un condensator cu două plăci a cîte un 1 cm^2 fiecare, cu dielectric de aer cu o grosime de 1 mm , are o capacitate cu puțin mai mică de 1 pF .

Influența dielectricului asupra capacității este caracterizată printr-o mărime deosebită, care se numește constantă dielectrică, sau permitivitate.

Pentru aer ea are valoarea cea mai mică, iar pentru dielectrici solizi

sau lichizi, valoarea ei este de cîteva ori mai mare, iar capacitatea condensatorului se mărește în mod corespunzător. In tabela 3 se arată creșterea capacității condensatorului prin înlocuirea aerului cu alt dielectric.

Condensatorii cu două plăci au o capacitate relativ mică, deoarece nu este practic se mărim prea mult suprafața plăcilor. Pentru a obține capacități mai mari, putem bine înțelege, să micșorăm distanța dintre plăci, dar numai pînă la o anumită limită. Dacă stratul de dielectric va fi prea subțire, el va fi străpuns de scînteii. Cu cît tensiunea la condensator este mai mare, cu atît dielectricul trebuie să fie mai gros.

Tabela 3

Constanta dielectrică a diferiților dielectrici

Dielectricul condensatorului	Constanta dielectrică
Mică	5—7
Cauciuc	3,5
Ticond (material ceramic)	90
Porțelan pentru radio	6
Hîrtie parafinată	2,2

După fabricare, toți condensatorii sînt încercați la tensiune. Tensiunea de lucru la care un condensator poate funcționa timp mai îndelungat fără pericol de străpungere, trebuie să fie de 2-3 ori mai mică decît tensiunea de încercare. Valoarea tensiunii de lucru este în funcție de rigiditatea dielectrică a condensatorului. Aerul are o rigiditate dielectrică mică și este străpuns relativ ușor. Dielectricii solizi, cum sînt mica, porțelanul, etc. au o rigiditate dielectrică mult mai mare.

Pentru a obține capacități mari, se construiesc condensatori cu mai multe plăci, asamblate în două grupe (fig. 44 b). Toate plăcile cu număr par sînt legate între ele și formează o armătură, plăcile cu număr impar sînt și ele legate între ele, formînd a doua armătură.

La toate plăcile interioare, ambele suprafețe sînt suprafețe de lucru, iar la plăcile extreme sînt folosite numai suprafețele interioare. Un asemenea conden-

sator poate fi considerat că este format din cîțiva condensatori cu cîte două plăci, numărul condensatorilor componenți fiind egal cu numărul total al plăcilor mai puțin unul.

Dielectricul condensatorului nu este niciodată ideal. Electronii de pe armătura încărcată negativ trec treptat prin dielectric în cealaltă armătură, formînd un curent mic, care poartă denumirea de curent de fugă. De aceea, un condensator încărcat își micșorează treptat sarcina.

De multe ori în practică se leagă împreună cîțiva condensatori.

În cazul legării în paralel (fig. 46 a), capacitatea totală C este egală cu capacitatea tuturor condensatorilor :

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

Asemenea legare se folosește cînd condensatorii existenți au o capacitate mai mică decît cea necesară.

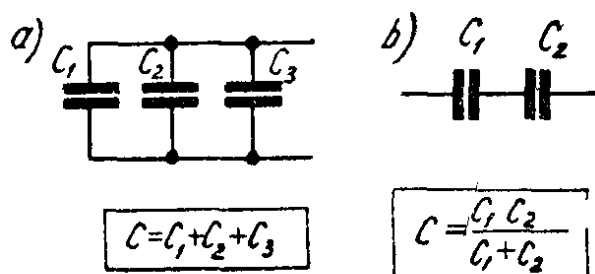


Fig. 46 — Legarea condensatorilor în paralel și în serie

La legarea în serie a mai multor condensatori, capacitatea totală, dinpotrivă, este mai mică, fiind de obicei sub valoarea capacității oricăruia din condensatorii conectați. Dacă doi condensatori de aceeași capacitate sînt legați în serie (fig. 46 b), capacitatea totală va fi egală cu jumătate din capacitatea unui condensator. Doi condensatori cu o capacitate a cîte 200 pF dacă sînt conectați în serie, capacitatea totală va fi de 100 pF. Legînd în serie doi condensatori di-

feriți (fig. 46), capacitatea totală va fi determinată prin formula :

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} .$$

De exemplu, dacă vom lega în serie doi condensatori avînd respectiv o capacitate de 2 000 pF și 3 000 pF, capacitatea totală va fi :

$$C = \frac{2\,000 \cdot 3\,000}{2\,000 + 3\,000} = 1\,200 \text{ pF} .$$

Legarea în serie se folosește uneori cînd există condensatori de putere mai mare decît este nevoie. Pe lîngă aceasta, la legarea în serie, tensiunea totală de lucru este mai mare decît la un singur condensator.

Dacă un condensator este conectat la un circuit de curent continuu, trecerea continuă a curentului prin circuit nu este posibilă, întru cît plăcile condensatorului sînt izolate între ele. Numai un timp scurt de la închiderea circuitului va trece un curent de scurtă durată, care încarcă condensatorul. Imediat după ce condensatorul se va încărca complet, iar tensiunea de pe armăturile lui va deveni egală cu f.e.m. a sursei, curentul va înceta să circule. Tot astfel, dacă vom pompa gaz într-un vas închis, imediat ce presiunea gazului va deveni egală cu presiunea creată de pompă, pătrunderea gazului în vas va înceta.

Cu cît condensatorul are o capacitate mai mare, cu atît el se încarcă într-un timp mai mare, deoarece în el încape o cantitate mai mare de electricitate. Cu toate acestea, încărcarea durează numai cîteva fracțiuni de secundă. Cu cît rezistența conectată la circuit, în serie cu condensatorul este mai mică, cu atît încărcarea se face mai repede, întrucît curentul de sarcină obținut este mai mare. Cînd rezistența este foarte mică, încărcarea se face aproape instantaneu.

Dacă vom deconecta de la sursă, un condensator încărcat, și-l vom lega la o rezistență oarecare, el se va descărca. Cu cît capacitatea condensatorului și rezistența sînt mai mici, cu atît descărcarea se face

mai repede. Dacă vom scurtcircuita condensatorul, descărcarea se va face aproape instantaneu. În timpul descărcării, tensiunea la condensator scade și ajunge pînă la zero, după care încetează și curentul. În fig. 47 sînt reprezentate graficele creșterii și descreșterii tensiunii la încărcarea și descărcarea condensatorului.

Așadar, curentul continuu nu trece prin condensator. Conectînd, însă, condensatorul la un circuit de curent alternativ (fig. 48 a), deși electronii nu pot

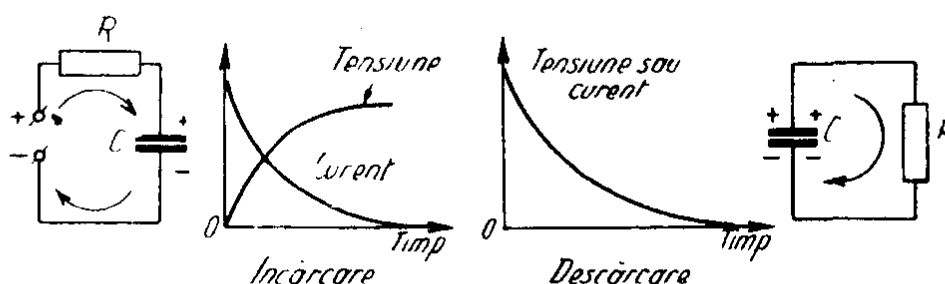


Fig. 47 — Graficele variației curentului și tensiunii la încărcarea și descărcarea condensatorului

trece prin dielectricul condensatorului, totuși circuitul va fi străbătut de curent. De aceea, se obișnuiește să se spună că, curentul alternativ trece prin condensator.

Cînd tensiunea de la bornele generatorului crește, condensatorul se încarcă, iar prin circuit trece un curent de încărcare. Energia trece de la generator în condensator și se acumulează în aceasta din urmă sub formă de sarcină electrică. Tensiunea la condensator crește și la un moment oarecare ajunge la o valoare de amplitudine maximă. În acest moment, condensatorul este complet încărcat, iar curentul de încărcare încetează. Apoi, tensiunea generatorului începe să scadă. Intrucît condensatorul a fost încărcat pînă la tensiunea maximă, el se va descărca acum înapoi în generator, cedînd acestuia energia acumulată. Atunci cînd condensatorul se descarcă, sensul curentului va fi opus sensului curentului de încărcare. În cele din urmă, la un moment oarecare, cînd tensiunea va ajunge pînă la zero, condensatorul va fi descărcat complet.

Prin urmare, în primul sfert de perioadă, condensatorul funcționează ca receptor, sau ca o sarcină pentru generator și invers, în al doilea sfert de perioadă, condensatorul funcționează ca generator, iar rolul de receptor îl îndeplinește de data aceasta generatorul. În al treilea sfert de perioadă, încărcarea se va repeta, întrucât tensiunea generatorului va crește din nou, iar în al patrulea sfert de perioadă, va avea loc din nou descărcarea. În circuit va exista un curent alternativ, care constituie curentul de încărcare și de descărcare a condensatorului. În acest caz, condensatorul opune curentului alternativ o reactanță capacitivă. Într-adevăr, generatorul cedează energia sa condensatorului numai la încărcare, iar la descărcare, condensatorul cedează complet această energie. În condensator nu are loc o cheltuială de energie nerecuperabilă.

Întregul proces al variației tensiunii și curentului, descris mai sus, este reprezentat grafic în fig. 48^b. Condensatorul, la fel ca și bobina, provoacă un decalaj de fază între curent și tensiune cu un sfert de perioadă, adică cu 90^0 . Totuși, la conectarea bobinei, curentul este în întârziere de fază față de tensiune, iar la conectarea condensatorului, tensiunea întârzie în fază față de curent. Cu alte cuvinte, curentul din condensator este în avans de fază față de tensiune, cu 90^0 . Dacă împreună cu condensatorul este conectată și o rezistență oarecare, decalajul de fază între tensiunea întregului circuit și curent, va fi sub 90^0 .

Valoarea curentului dintr-un circuit cu condensator este în funcție de tensiunea generatorului, de capacitatea condensatorului și de frecvență. Dependența curentului față de tensiune, este o dependență obișnuită, care rezultă din legea lui Ohm și anume: cu cât tensiunea generatorului este mai mare, cu atât curentul este și el mai mare. Mărind însă, capacitatea condensatorului, curenții de încărcare și de descărcare se vor mări, deoarece la o capacitate mai mare, condensatorul va acumula o sarcină mai mare. Creșterea curentului, echivalează cu micșorarea rezistenței. Așa dar, la creșterea capacității, reactanța capacitivă scade.

La o frecvență mai mare, încărcarea și descărcarea se face mai repede, adică o anumită cantitate de electricitate trece în intervale de timp mai scurte și de aceea curentul crește. Creșterea curentului, însă, echivalează cu scăderea rezistenței. Prin urmare, mărindu-se frecvența, reactanța capacitivă scade.

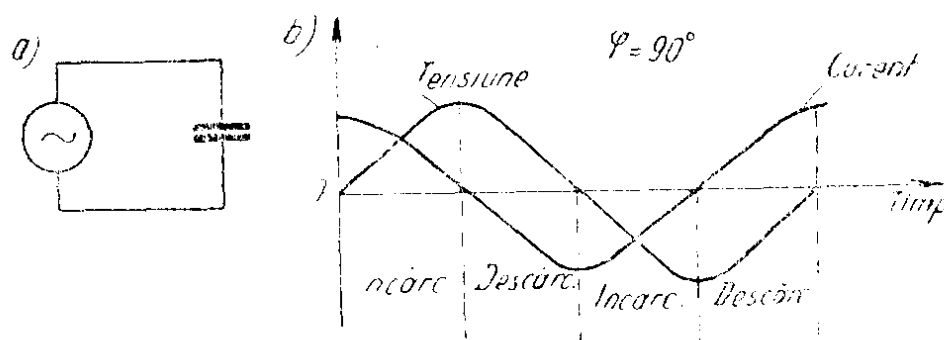


Fig. 48 — Condensatorul într'un circuit de curent alternativ. (a) schemă, (b) reprezentarea grafică a deca-lajului de fază între curent și tensiune

După cum se vede, influența frecvenței asupra reac-tanței inductive și celei capacitive este cu totul opusă.

Reactanța capacitivă se notează cu X_c , iar valoa-rea ei în Ω poate fi calculată cu aproximație după următoarea formulă :

$$X_c = \frac{160\,000}{f \cdot C}$$

în care f este frecvența în Hz, iar C — capacitatea în μF .

Pentru exemplificare, vom calcula reactanța capa-citivă a unui condensator de $1\ \mu F$ la o frecvență de 50 Hz. Vom obține : $X_c = 160\,000 : 50 = 3\,200\ \Omega$.

Același condensator, la o fecvență de 5 MHz, are o rezistență de 100 000 ori mai mică, deoarece această frecvență este de 100 000 ori mai mare. In acest caz, valoarea reactanței este de $0,032\ \Omega$.

Dacă vom lua însă un condensator cu o capaci-tate de 100 pF, sau de $0,0001\ \mu F$, reactanța lui va fi de 10 000 ori mai mare. Pentru o frecvență de 50 Hz, reactanța lui va fi de $32\ M\Omega$, adică practic, el nu va lăsa să treacă curentul de joasă frecvență.

Tabela 4

Reactanța capacitivă a condensatorilor (în Ω)

Frecvența	C a p a c i t a t e a				
	20 pF	100 pF	1 000 pF	10 000 pF	0,1 μF
	1 μF				
R e a c t a n ța c a p a c i t i v ă					
50 Hz	320 MΩ	32 MΩ	3,2 MΩ	320 000 Ω	3 200 Ω
1 000 "	16 MΩ	1,6 "	160 000 Ω	16 000 "	1 600 "
200 kHz	80 000 Ω	8 000 Ω	800 "	80 "	0,8 "
1 000 "	16 000 "	1 600 "	160 "	16 "	0,10 "
10 000 "	1 600 "	160 "	16 "	1,6 "	0,016 "

În schimb, însă, pentru o frecvență înaltă de 5 MHz, reactanța lui va fi numai de 320Ω . Valorile reactanțelor capacitive pentru diferiți condensatori la frecvențe diferite, sînt date în tabela 4.

Ca și bobinele, condensatorii se întrebuintează foarte mult în radiotehnică. Condensatorii cu capacitatea mică (de zeci și sute de pF), servesc pentru trecerea curenților de înaltă frecvență. Pentru trecerea curenților de joasă frecvență se întrebuintează condensatori cu capacitatea mare (de fracțiuni de μF sau uniități de μF).

Adesea, condensatorii se folosesc pentru separarea curentului continuu de cel alternativ, precum și a curenților de înaltă și de joasă frecvență. De exemplu, dacă într-un circuit oarecare vom conecta un condensator cu o capacitate mică, el nu va lăsa să treacă curentul continuu și aproape nu va lăsa să treacă curentul de joasă frecvență, întru cît pentru acesta, reactanța condensatorului va fi mare. Curentul de înaltă frecvență va trece însă ușor printr-un asemenea condensator.

Toți condensatorii se împart în condensatori ficeși și variabili, iar după felul dielectricului se împart în condensatori cu aer, cu ceramică, mică, hîrtie și electrolitici. Aspectul exterior al unor condensatori ficeși este reprezentat în fig. 49.

Fiecare condensator are pierderi de energie, deși acestea sînt foarte mici. Practic, cel cu aer nu are pierderi, el însă este străpuns ușor de scînteie. Aceasta împiedică realizarea condensatorilor cu aer de mare capacitate.

Condensatorii cu aer se construiesc numai cînd trebuie să se evite pierderi de energie. Asemenea condensatori se utilizează aproape exclusiv numai la aparatele de radio. Pentru tensiuni înalte, condensatorii trebuie construiți cu o distanță destul de mare între plăci.

În ultimul timp, condensatorii ceramici au căpătat o mare întrebuintare. Ei sînt în formă de plăci sau tuburi dintr-un material ceramic special, un fel

de porțelan, acoperit pe ambele părți cu un strat metalic. Condensatorii ceramici au pierderi foarte mici și rezistă bine la tensiuni înalte. Capacitatea lor variază între unități și mii de pF. Acești condensatori se întrebuintează în special, la circuitele de înaltă tensiune.

Condensatorii cu mică se fabrică din plăci de mică și din foițe de staniol, avînd o capacitate pînă la zeci de mii de pF. În comparație cu condensatorii cera-

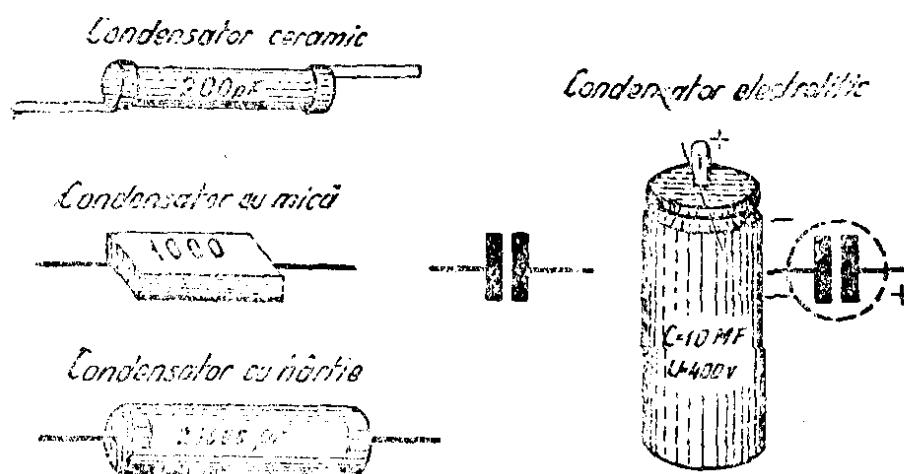


Fig. 49 — Aspectul exterior al unor condensatori ficiși și reprezentarea lor convențională

mici, ei au pierderi mai mari și sînt folosiți, în special la circuitele cu curent de joasă frecvență. Condensatorii cu hîrtie se fabrică din benzi de hîrtie parafinată și din staniol pentru capacități pînă la cîțiva μF și se întrebuintează pentru curenți de joasă frecvență, deoarece la frecvență înaltă pierderile de energie sînt foarte mari.

Pentru capacități și mai mari, de zeci, sute și chiar mii de μF , se folosesc condensatorii electrolitici. Principiul funcționării lor constă în faptul că pe suprafața plăcii de aluminiu, care se află într-un electrolit special, se formează la trecerea curentului un strat de oxid de aluminiu, care servește ca izolator. Ca rezultat, se obține un condensator în care placa de aluminiu și electrolitul au rolul de armături, iar ca dielectric servește stratul de oxid de aluminiu. Intru-

cît acest strat este foarte subțire, se pot obține capacități foarte mari. În caz de străpungere, stratul de oxid se regenerează singur, după ce este deconectat de sub tensiune. Condensatorii electrolitici au dimensiuni relativ mici, sînt ușori ca greutate și necostisitori. Ei au dezavantajul că tensiunea lor de lucru este relativ mică, de cel mult 500 V. În afară de aceasta, ei au curenți de fugă mari. Condensatorii electrolitici care se fabrică în prezent, pot fi întrebuințați numai la circuitele cu tensiune continuă, la conectarea lor trebuind să se respecte polaritatea. Ei sînt fabricați de obicei cu corpuri de aluminiu. Condensatorii electrolitici pentru tensiune mică sînt fabricați cu corpuri de carton.

Pentru a fi protejați contra influențelor exterioare, condensatorii cu mică se presează într-o masă plastică. Condensatorii cu hîrtie sînt prevăzuți cu un corp de carton sau metalic. Pe condensatori este înscrisă capacitatea lor, abaterile posibile în ceea ce privește capacitatea în procente, de exemplu $\pm 10\%$, tensiunea de lucru și tensiunea de încercare. Pe condensatorii electrolitici se notează tensiunea maximă sau de vîrf, la care este posibilă străpungerea, notîndu-se în mod obligator și polii. Cînd corpul condensatorului este din aluminiu el constituie totdeauna polul negativ.

În afară de condensatorii cu capacitate fixă, pentru acordarea aparatelor de radiorecepție și a altor aparate de radio, se folosesc foarte mult condensatori cu capacitate variabilă. De obicei aceștia sînt cu aer și mai rar cu dielectric solid. În fig. 50 este reprezentat principiul construcției și reprezentarea schematică a acestor condensatori. Condensatorul variabil este format dintr-un ansamblu de plăci fixe numit stator și un ansamblu de plăci mobile, fixate pe un ax și denumite rotor. La rotirea axului condensatorului cu ajutorul unui buton, plăcile mobile intră mai mult sau mai puțin în intervalele dintre plăcile fixe și capacitatea condensatorului variază. Pentru simplificarea desenului, în fig. 50 este reprezentată numai o singură

placă fixă și una mobilă într-o poziție care corespunde unei valori oarecare a capacității, cuprinsă între cea maximă și cea minimă. La condensatorii varia-

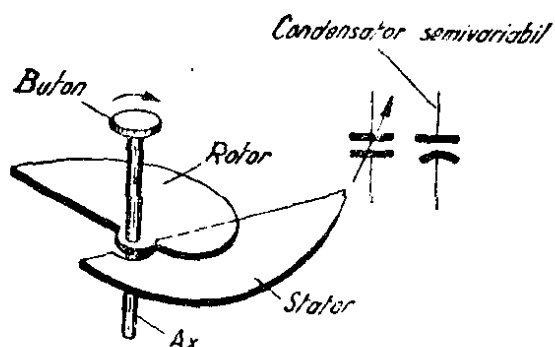


Fig. 50 — Principiul construcției condensatorului variabil și reprezentarea lui convențională

bili, capacitatea poate fi variată între câteva zeci și câteva sute de pF, de exemplu între 10 și 400 pF.

Se mai întrebuințează și condensatori variabili mici, de cele mai multe ori cu două plăci, a căror capacitate variază puțin de exemplu între 4 și 40 pF. Aceștia se nu-

mesc condensatori semivariabili sau de acord și se prezintă în scheme ca în fig. 50.

CAPITOLUL V

APARATE ELECTRICE DE MĂSURAT

27. PROPRIETĂȚILE GENERALE ALE APARATELOR ELECTRICE DE MĂSURAT

La capitolul I au fost expuse date sumare cu privire la măsurarea curentului și tensiunii. Există o varietate întreagă de aparate electrice de măsurat, însă noi ne vom ocupa numai de cele mai simple și folosite cel mai mult în practică.

Nici un aparat de măsurat nu dă rezultate absolut precise. Diferența dintre indicațiile aparatului și valorile reale poartă denumirea de *eroare a aparatului*. Se obișnuiește ca eroarea aparatului să fie exprimată în procente față de indicațiile maxime ale aparatului. Dacă cu ajutorul unui voltmetru de 200 V a fost măsurată o tensiune de 40 V, iar voltmetrul a indicat numai 38 V, atunci eroarea măsurării este de 2 V, dar față de indicația maximă a aparatului (200 V) ea este numai de 1%.

Toate aparatele electrice de măsurat se împart în cinci clase, în funcție de mărimea erorii. Fiecare clasă este reprezentată prin mărimea erorii exprimată în procente. Cele mai precise aparate, de laborator sînt de clasa 0,2 sau 0,5. Aparatele tehnice bune fac parte din clasa I sau 1,5. Există și aparate de mai mică precizie, de clasa 2,5. Deci, un aparat de clasa 1,5 dă o eroare de cel mult 1,5%; aparatele cu o eroare de peste 2,5% nu sînt clasificate.

Scalele aparatelor pot fi uniforme, avînd pe toată lungimea diviziuni egale, și neuniforme, la care diviziunile sînt mai dese la început și uneori la sfîrșit. Măsurătorile obținute la începutul scalei, dacă aceasta nu este uniformă, vor fi mai puțin precise.

În timpul măsurării nu sînt admise erori la citirea indicațiilor aparatului. În acest scop, trebuie folosită noțiunea numită valoarea diviziunii scalei. Ea poate fi lămurită prin exemplul următor. Se presupune că un miliampermetru de 100 mA are o scală cu 20 diviziuni. În acest caz, fiecare diviziune corespunde cu 5 mA. Aceasta va fi valoarea diviziunii. Dacă în timpul măsurării indicatorul unui astfel de aparat va devia cu 3 diviziuni, înmulțind numărul diviziunilor cu valoarea unei diviziuni, adică înmulțind 3 cu 5, vom obține valoarea curentului de 15 mA. Folosind un aparat de măsurat oarecare, trebuie mai întîi să stabilim valoarea diviziunilor.

Să analizăm acum mai amănunțit folosirea ampermetrelor, miliampermetrelor și voltmetrelor.

După cum se știe, ampermetrul sau miliampermetrul se conectează de obicei în serie în circuit, iar prin el trece tot curentul măsurat. Conectarea ampermetrului în circuit nu trebuie să schimbe simțitor rezistența circuitului, căci astfel se va schimba valoarea curentului. De aceea, ampermetrele au totdeauna o rezistență mică, de sutimi sau zecimi de ohmi, iar rezistența miliampermetrelor nu depășește cîțiva ohmi. Ampermetrul sau miliampermetrul în niciun caz nu trebuie conectat direct la sursa de curent, deoarece datorită faptului că aparatul are o rezistență mică,

se va produce un scurt-circuit, curentul va crește și aparatul se va arde.

Uneori, se ivește nevoia de a mări limitele indicațiilor ampermetrului sau miliampermetrului (de exemplu,

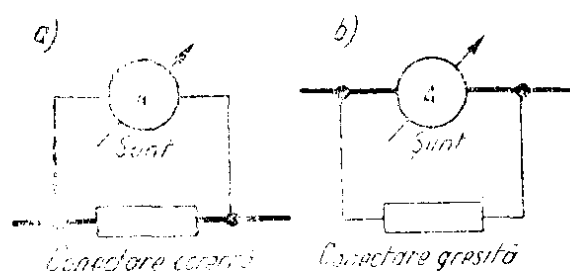


Fig. 51 — Șuntarea ampermetrului

plu, dacă există un ampermetru care măsoară un curent pînă la 1 A și este nevoie de măsurat un curent cu o valoare pînă la 10 A). În asemenea cazuri se recurge la șuntarea ampermetrului. În paralel cu ampermetrul se leagă un șunt (fig. 51), acesta fiind o

rezistență care este de cîteva ori mai mică decît rezistența ampermetrului. În exemplul de față șuntul trebuie să lase să treacă prin el un curent de 9 A, atunci cînd prin ampermetru trece un curent de 1 A, adică la un curent total de 10 A. În acest caz, curentul din ampermetru va fi de zece ori mai mic decît curentul efectiv din circuit. Așa dar, putem spune că limitele indicațiilor ampermetrului au fost mărite de zece ori. Pentru ca curentul din șunt să fie de nouă ori mai mare decît curentul din ampermetru, trebuie conectat un șunt cu o rezistență de nouă ori mai mică decît rezistența ampermetrului.

Dacă rezistența șuntului trebuie să fie mică, se folosește ca șunt o bucată de sîrmă groasă sau o placă metalică îndoită în zig-zag. Este preferabil ca șuntul să fie confecționat din metal, care își schimbă foarte puțin rezistența la variația temperaturii (de exemplu din manganin). Șuntul poate fi montat, fie în interiorul aparatului, fie în afara lui. În fig. 51 a și b este reprezentată legarea corectă și greșită a șuntului.

Fiecare ampermetru poate fi universal, măsurînd cu el curenți cu valori diferite în cazul cînd avem pentru el șunturi diferite. Trebuie însă să ținem seamă că șuntul îngăduie numai mărirea limitelor indicațiilor. A micșora aceste limite, adică a face ca ampermetrul să fie mai sensibil și să dea o deviere mai mare la un curent mai mic este imposibil.

Pentru măsurarea tensiunii dintre două puncte oarecare din circuit, voltmetrul este conectat între aceste două puncte. Cu alte cuvinte, voltmetrul este conectat în paralel cu sectorul din circuit în care trebuie măsurată tensiunea. Conectarea voltmetrului nu trebuie să schimbe simțitor regimul circuitului, adică curentul din circuit nu trebuie să se mărească simțitor la conectarea voltmetrului. De aceea spre deosebire de ampermetru, voltmetrul are totdeauna o rezistență mare. Cu cît voltmetrul are o rezistență mai mare, cu atît el este de calitate mai bună.

Rezistența majorității voltmetrelor este de mii și zeci de mii de ohmi. Voltmetrele cu o rezistență de sute de ohmi sunt de calitate proastă. Cînd sursa de

curent are o rezistență interioară mare, iar rezistența exterioară a circuitului este și ea mare, un voltmetru cu o rezistență de mii și zeci de mii de ohmi nu poate fi folosit la măsurat. Rezistența unui

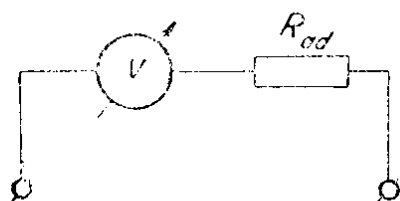


Fig. 52 — Rezistență adițională la voltmetru.

voltmetru de calitate bună, folosită la măsurători pentru aparatele de radio, trebuie să fie de aproximativ 10 000 ohmi pentru fiecare volt pe scală. În practică, este de multe ori necesar să se mărească limitele indicațiilor voltmetrului pentru a măsura tensiuni mai mari decât acelea pentru care

este prevăzut voltmetrul. Limitele indicațiilor voltmetrului sînt mărite cu ajutorul rezistențelor adiționale conectate în serie cu voltmetrul (fig.52).

Să presupunem, de exemplu, că avem un voltmetru de 30 V, care trebuie adaptat pentru măsurarea unei tensiuni pînă la 300 V. În acest scop, trebuie mărite limitele indicațiilor lui de zece ori. În acest caz, rezistența adițională trebuie să aibă o mărime în așa fel, încît din întreaga tensiune de 300 V să revină voltmetrului 30 V, iar restul de 270 V să fie luată de rezistența adițională. Deoarece 270 V reprezintă de nouă ori 30 V, rezistența adițională trebuie să fie de nouă ori mai mare decît rezistența voltmetrului.

Folosind cîteva rezistențe adiționale diferite, voltmetrul poate fi folosit de obicei la măsurarea cîtorva tensiuni diferite mult mai mari (fig. 53). Limitele indicațiilor voltmetrului nu pot fi micșorate, adică voltmetrul nu poate fi făcut mai sensibil. Rezistențele adiționale la voltmere se fabrică din sîrmă de reostat subțire. În cel mai simplu caz pot fi folosite bineînțeles și rezistențe chimice. Rezistențele adiționale sînt

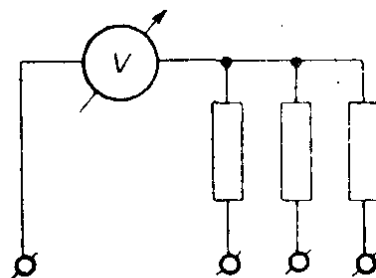


Fig. 53 — Voltmetru pentru cîteva tensiuni diferite

așezate în interiorul aparatului sau înafara lui (rezistențe adiționale exterioare).

Trebue avut în vedere faptul că între construcția voltmetrului și miliampermetrului nu există o deosebire principială. Orice miliampermetru poate fi transformat în voltmetru, conectînd la el în serie o rezistență adițională. Este de dorit ca miliampermetrul să fie destinat pentru măsurarea unui curent slab. În acest caz, voltmetrul va avea o rezistență mare. Așadar, orice miliampermetru cu șunturi sau cu rezistențe adiționale, poate servi ca voltmiliampermetru universal pentru măsurarea diferiților curenți și tensiuni ¹⁾.

28. CATEGORIILE PRINCIPALE DE APARATE ELECTRICE DE MĂSURAT

Cele mai utilizate aparate electrice de măsurat sunt aparatele *electromagnetice*, *magnetoelectrice*, *termice*

și *termoelectrice*. De cele mai multe ori se întrebuintează aparatele din primele două categorii. În afară de acestea, există aparate *electrodinamice* și *electrostatice*, dar acestea se întîlnesc destul de rar. Aparatele de măsurat care au un sistem detector (din care fac parte redresorii cu cuproxid) sînt din categoria aparatelor radiotehnice care nu sînt examinate în lucrarea de față.

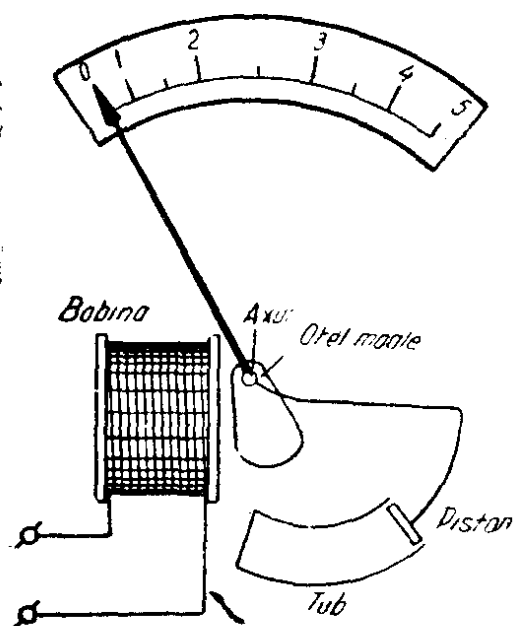


Fig. 54 — Principiul construcției aparatului electromagnetic

Aparatele *electromagnetice* (fig. 54) fac parte din

¹⁾ Aceste aparate voltmiliampermetre se mai numesc și multavi. (N. trad.)

categoria celor mai simple aparate¹⁾. În aceste aparate curentul trece prin bobină și creează în ea un câmp magnetic care tinde să atragă în interiorul bobinei o placă de fier moale fixată pe axa solidară cu acul indicator. Cu cât curentul este mai mare, cu atât placa este atrasă mai mult și cu atât acul deviază mai mult. În poziția de zero sistemul mobil este echilibrat cu ajutorul unor greutateți și al unui arc în spirală, care se aseamănă cu „părul“ de la ceasornic.

Pentru ca după deviere acul indicator să nu oscileze prea mult, este prevăzut un amortizor special. El se compune dintr-un tub în care se mișcă un piston mic legat de sistemul mobil. Între piston și pereții tubului există un mic interstițiu. Aerul opune rezistență pistonului și amortizează foarte repede sistemul mobil.

Scala aparatelor electromagnetice nu este uniformă. La începutul scalei, diviziunile sunt foarte mici, apoi încep să fie mai mari, iar la sfârșitul scalei se micșorează din nou.

Înfășurarea ampermetrelor electromagnetice se compune din câteva spire din sîrmă groasă. Aparatele destinate pentru măsurarea unui curent mare nu sunt prevăzute cu șunturi. La voltmetrele din sistemul electromagnetic bobina are foarte multe spire de sîrmă subțire și uneori are conectată în serie cu ea o rezistență adițională. În general, aparatele electromagnetice au o sensibilitate foarte mică și de aceea ele nu se fabrică pentru măsurarea unui curent slab sau a unei tensiuni mici. Aparatele din această categorie pot fi folosite la măsurarea curentului alternativ din rețea care are o frecvență de 50 Hz și a curentului continuu.

Aparatele magnetoelectrice sunt mult mai sensibile decît aparatele electromagnetice și pot fi folosite la curenți și tensiuni foarte mici. Aparatele foarte sensibile care măsoară milionimi de amper (microamperi), poartă denumirea de *microampermetre* sau

¹⁾ Aparatele electromagnetice de măsurat au fost construite pentru prima dată de savantul rus *M. O. Dolivo-Dobrovolschi*.

galvanometre. Sînt foarte răspîndite și miliampermetrele magnetoelectrice.

Funcționarea aparatelor magnetoelectrice este bazată pe acțiunea reciprocă a cîmpului magnetic și a conductorului străbătut de curent. La aceste aparate, între polii magnetului permanent, este fixat pe ax un

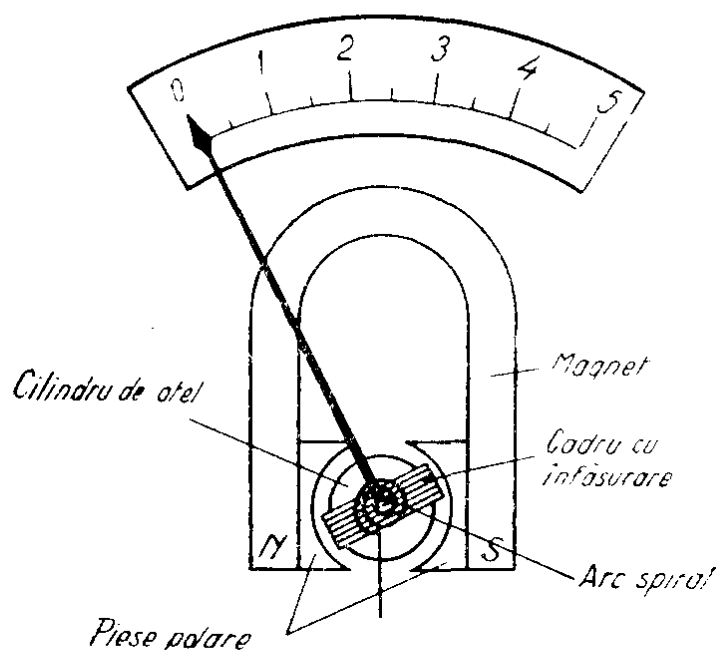


Fig. 55 — Principiul construcției aparatului magnetoelectric

cadru ușor cu o înfășurare din sîrmă subțire (fig.55). Curentul este adus în cadru prin două arcuri în spirală („peri“). Pentru amplificarea cîmpului magnetic, în interiorul cadrului este așezat un cilindru de oțel moale și prin urmare, cadrul se rotește în spațiul dintre acest cilindru și piesele polare ale magnetului.

Cînd prin cadru trece un curent, el tinde să se întoarcă și să ia o poziție perpendiculară față de poziția inițială. Cu cît curentul este mai mare, cu atît cadrul se întoarce mai mult învingînd rezistența arcurilor și a greutateilor.

Aparatele magnetoelectrice sunt utilizabile numai la măsurarea curentului continuu. Scala aparatelor de acest tip este uniformă (toate diviziunile sunt egale). Deoarece cadrul trebuie să aibă o greutate mică, înfășurarea trebuie făcută din sîrmă subțire. De aceea,

fără o conectare a șunturilor, aparatele magnetoelectrice pot lăsa să treacă prin ele numai un curent cu valori de fracțiuni de amper. Tot astfel nu este îngăduit să se înfășoare pe cadru prea multe spire, pentru a avea rezistența mare necesară voltmetrului și pentru mă-

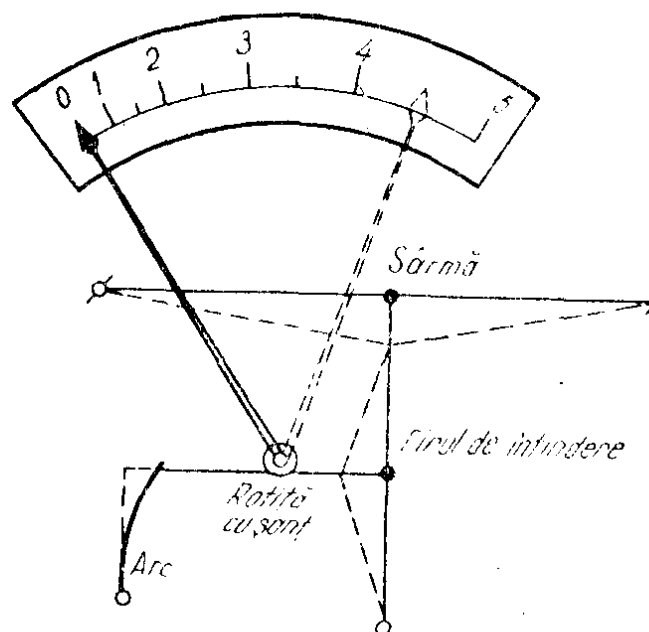


Fig. 56 — Principiul construcției aparatului termic

surarea tensiunilor se recurge totdeauna la rezistențe adiționale.

În comparație cu alte aparate, aparatele magnetoelectrice sînt de cea mai mare precizie.

Principiul de funcționare al aparatelor termice constă în faptul că sîrma (firul) încălzită de curent se alungește. Această alungire se transmite la axul cu acul indicator (fig. 56). Atunci cînd curentul crește, temperatura sîrmei se mărește, alungîndu-se și astfel acul deviază cu un unghi oarecare, după mărimea curentului.

Aparatele termice sînt utilizate atît la măsurarea curentului continuu, cît și a celui alternativ. Scala acestor aparate nu este uniformă. Nu pot fi create aparate termice pentru măsurarea curenților slabi. Pe lîngă aceasta, aparatele termice au un dezavantaj foarte mare și anume: cînd curentul este prea mare, firele ard.

În ultimul timp aparatele termoelectrice sunt întrebuințate foarte mult. Aceasta reprezintă o combinație a aparatului magnetoelectric cu un transformator termic, care la rîndul său se compune dintr-unul sau mai multe termoelemente, care se mai numesc și *termocupluri*.

Fiecare termoelement are doi conductori din metale diferite avînd cîte un capăt sudat împreună. Dacă locul sudurii este încălzit, se formează la conductori o diferență de potențial oarecare. Un conductor va avea o sarcină pozitivă, iar celălalt o sarcină negativă. Aparatul magnetoelectric conectat la conductorii termoelementului va indica trecerea unui curent continuu.

În aparatele termoelectrice lipiturile termoelementelor sînt încălzite de curentul alternativ de măsurat care trece prin conductorii termoelementului sau printr-un alt conductor care poartă denumirea de încălzitor și care este așezat lîngă lipitură (fig.57). Așadar în transformatorul termic se produce o transformare a energiei curentului alternativ în energie de curent continuu, care pune în funcțiune aparatul magnetoelectric.

Aparatele din sistemul termoelectric se întrebuințează numai ca miliampermetre și ampermetre. Aceste aparate sînt mai sensibile decît aparatele termice și au avantajul că la nevoie, însăși aparatul poate fi îndepărtat la o oarecare distanță de transformatorul termic, legîndu-l prin conductori. În radiotehnică aparatele termoelectrice au înlocuit aproape complet aparatele termice.

Pentru a folosi un aparat oarecare de măsurat, trebuie înainte de toate să-l cunoaștem amănunțit. În afară de diviziunile cu cifre și literile care înseamnă prescurtat volți, amperi sau alte unități, pe scala

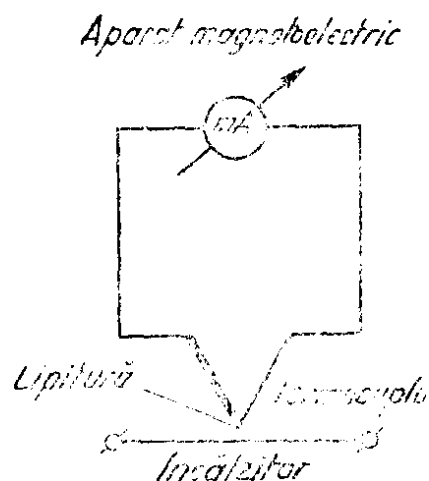


Fig. 57 - Principiul construcției aparatului termoelectric.

aparaturii mai există și alte notări convenționale, arătate în tabele 5. Printr-un semn special este arătate categoria aparatului. De exemplu, aparatele magnetoelectrice sînt prevăzute cu o notare pe scală în formă de magnet în potcoavă, cu o bobină între polii acestuia; aparatele electromagnetice sînt notate în formă de bobină cu miez, etc. Inafară de aceasta, pe scală mai este de obicei și semnul curentului continuu (o linie orizontală) sau a curentului alternativ (o linie ondulată). Aparatele de curent continuu nu pot fi folosite pentru măsurarea curentului alternativ. În schimb însă, multe aparate de curent alternativ pot fi folosite la măsurarea curentului continuu.

Acul indicator vertical sau orizontal existent pe scală arată în ce poziție trebuie ținut aparatul, verticală sau orizontală, pentru a face măsurarea. Cifra înconjurată cu un cerc indică clasa aparatului, adică eroarea lui exprimată în procente.

Dacă acul indicator al aparatului nu este la zero în situația cînd nu există curent, atunci el trebuie fixat la zero, învîrtind cu ajutorul șurubelniței un șurub special care poartă denumirea de corector și care este așezat pe corpul aparatului aproape de mijlocul scalei.

Trebuie să fim atenți la notările existente la bornele aparatului. De exemplu, la aparatele magnetoelectrice sunt notate totdeauna plusul și minusul. Aceste aparate vor fi conectate cu respectarea unei polarități corecte, căci în caz contrar acul indicator deviază în sens opus și se poate îndoi.

Aparatele pentru limite diferite ale valorilor de măsurat, au cîteva borne, sau un comutator cu notații. Aparatul trebuie conectat corespunzător cu aceste indicații. Nu este admis de exemplu, ca la borna voltmetrului prevăzută cu notația 5 V să fie conectată o sursă cu o tensiune de 80 V, deoarece în acest caz aparatul se va defecta.

În general, toate aparatele electrice de măsurat necesită o utilizare atentă. Ele trebuie nu numai să fie conectate corect, dar mai trebuie să nu fie expuse șocurilor, trepidațiilor, de asemenea, aceste aparate nu tre-

buie supuse la curenți sau tensiuni prea mari. Dacă aceste aparate sînt păstrate și folosite în bune condiții, ele pot funcționa timp îndelungat, dînd indicații corecte.

29. MĂSURAREA REZISTENȚELOR

Rezistențele pot fi măsurate cel mai bine cu ajutorul aparatelor numite *ohmmetre*, la care acul indicator arată pe scală valoarea rezistenței măsurate, în ohmi.

Ohmmetrul este un voltmetru magnetoelectric (sau un

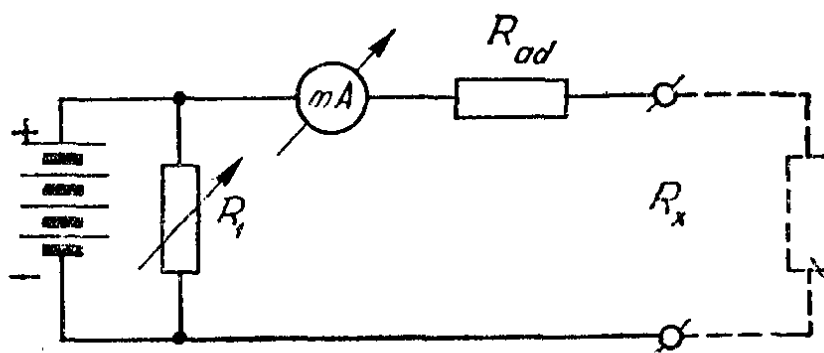


Fig. 58 — Schema celui mai simplu ohmmetru

miliampermetru cu rezistență adițională) cu o mică baterie. Rezistența măsurată, este conectată de obicei cu ajutorul unor borne speciale R_x , în serie la circuitul ohmmetrului (fig. 58). Dacă această rezistență nu este conectată, circuitul este deschis. În acest caz, prin aparat nu trece curent, iar acul indicator al ohmmetrului se află în poziția extremă din stînga, pe scală, această poziție este notată prin simbolul rezistenței infinit de mari adică cu semnul ∞ . Dacă bornele pentru rezistența măsurată vor fi scurtcircuitate, acul indicator al ohmmetrului va devia în poziția extremă din dreapta, notată pe scală cu 0, deoarece ea corespunde unei rezistențe egală cu zero.

Deci, la ohmetru semnul zero de pe scală este notat în partea dreaptă și nu în partea stîngă. Pentru valori diferite ale rezistenței măsurate, acul indicator ocupă o poziție intermediară oarecare. Deaceea, scala este prevăzută direct cu diviziuni în ohmi.

Înainte de a folosi ohmetrul, acul indicator trebuie fixat la zero. În acest scop, se scurtcircuitează bornele rezistenței de măsurat și prin învîrtirea unui buton al rezistenței variabile R_1 , acul indicator este fixat în poziția zero. Acest reglaj este necesar, deoarece cu timpul, tensiunea bateriei ohmmetrului scade. Când nu reușim să fixăm acul indicator la zero, aceasta înseamnă că bateria s-a descărcat. Fixarea acului indicator al ohmmetrului în poziția infinit, se face cu ajutorul corectorului, atunci când rezistența măsurată este deconectată.

Există ohmetre speciale pentru măsurarea rezistențelor foarte mari, care poartă denumirea de megohmmetre. La acestea, ca sursă de curent se întrebuintează un inductor, adică un mic generator magnetoelectric, care este pus în mișcare de rotație cu ajutorul unei manivele, dînd o tensiune de aproape 100-200 V.

În afară de măsurătorile făcute cu ohmmetrul, se mai întrebuintează și alte metode pentru măsurarea rezistențelor, arătate în fig. 59.

Metoda voltmetrului și ampermetrului (fig. 59 a și b) au dezavantajul că necesită folosirea a două aparate. Rezistența se stabilește după legea lui Ohm. Schema reprezentată în fig. 59 a este folosită la măsurarea rezistențelor de cîteva ori mai mici decît rezistența voltmetrului, iar schema reprezentată în fig. 59 b este utilizată pentru măsurarea rezistențelor mult mai mari decît rezistența voltmetrului (sau miliampermetrului). Poate fi folosit numai miliampermetrul, dacă tensiunea sursei este cunoscută și rezistența interioară a aparatului este mică.

Metoda substituției (fig. 59 c) constă dintr-un aparat oarecare (galvanometru, miliampermetru sau voltmetru) conectat pe rînd în serie cu rezistența de măsurat R_x și cu cutia de rezistențe¹⁾. Mărimea R_x este determinată, alegîndu-se depe cutia de rezistențe acea rezistență la care devierea acului indicator al aparatului va

¹⁾ Cutia de rezistențe conține mai multe rezistențe (de exemplu 1, 2, 3, 5, 10, 20, 50... ohmi), care pentru obținerea rezistenței necesare pot fi legate, făcându-se combinații diferite.

fi aceeași ca și la conectarea rezistenței măsurate R_x . Această metodă dă o mai mare precizie a măsurătorilor și nu necesită un aparat gradat cu precizie, în schimb însă, la folosirea acestei metode este nevoie de o cutie de rezistențe.

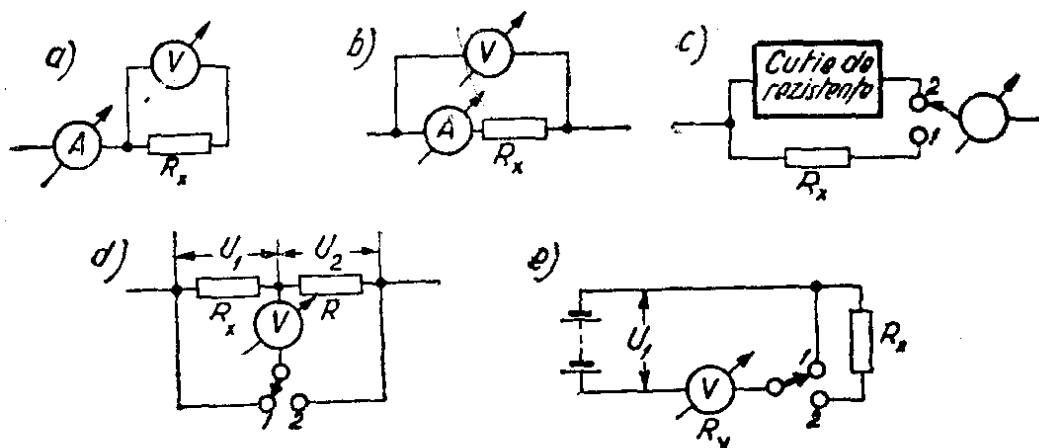


Fig. 59 — Schema pentru măsurarea rezistențelor

Metoda comparației (fig. 59 d). Rezistența măsurată R_x este conectată în serie cu rezistența cunoscută R , iar cu ajutorul voltmetrului, a cărui rezistență este mult mai mare decât R_x și R , sunt măsurate tensiunile U_1 și U_2 la aceste rezistențe. Valoarea R_x este calculată cu formula :

$$R_x = R \frac{U_1}{U_2} .$$

Cu cît valorile R_x și R se aproprie, cu atît rezultatul măsurătorii este mai precis.

Metoda voltmetrului (fig. 59 e). Această metodă este cea mai simplă, deși este mai puțin precisă. Folosind această metodă, nu este nevoie decât de un voltmetru cu o rezistență cunoscută R_v . Dacă această rezistență nu este cunoscută, ea trebuie mai întâi măsurată. Uneori, pe scala voltmetrului este indicat curentul care este folosit cînd acul indicator are o deviere completă. În acest caz, R_v poate fi aflat prin împărțirea tensiunii corespunzătoare acestei devieri, cu intensitatea curentului.

Mai întâi, cu ajutorul voltmetrului este măsurată tensiunea U_1 la bornele sursei, apoi se conectează în serie cu voltmetrul rezistența măsurată R_x , care îndeplinește rolul de rezistență adițională. Voltmetrul va indica tensiunea U_2 , mai mică decât U_1 . Valoarea R_x se determină cu formula următoare :

$$R_x = R_v \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right).$$

Cea mai mare precizie a măsurătorii va fi în cazul când $R_x = R_v$. Această metodă nu trebuie folosită la măsurarea rezistențelor mai mici de $0,1 R_v$ sau mai mari de $10 R_v$. Sursa de curent trebuie să aibă o rezistență interioară mică, pentru ca tensiunea U_1 la variația rezistenței circuitului, să rămână practic constantă.

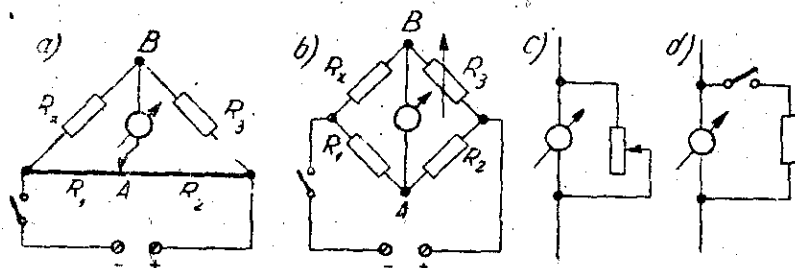


Fig. 60 — Schemele punților pentru măsurarea rezistenței

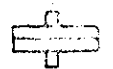
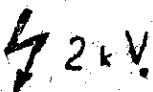
Metoda punții : în fig. 60 a și b sunt reprezentate schemele punților pentru măsurarea rezistențelor. Măsurarea după metoda punții se bazează pe faptul că atunci când puntea este în stare de echilibru, adică atunci când în diagonala ei AB nu există curent, rezistențele brațelor punții se află în următoarea relație : $R_x R_2 = R_1 R_3$. Cu alte cuvinte, când puntea este în stare de echilibru, produsul rezistențelor brațelor opuse trebuie să fie egal. Din această relație rezultă că :

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3.$$

În schema reprezentată în fig. 60 a, se utilizează ca rezistență R_3 o rezistență etalon (cunoscută) oarecare, iar rezistențele R_1 și R_2 sunt constituite dintr-o sîrmă subțire de reostat, întinse în linie dreaptă sau în formă

Tabela 5

Notările pe scala aparatelor electrice de măsurat

	Aparat magnetoelectric
	Aparat electromagnetic
	Aparat termic
	Aparat termoelectric
	Aparat electrodinamic
	Aparat electrostatic
	Aparat detector
	Clasa aparatului : 1,5
	Aparat pentru curent continuu
	Aparat pentru curent alternativ
	Poziția corectă pentru citirea scalei : verticală
	Poziția corectă pentru citirea scalei : orizontală
	Tensiunea de încercare a izolației aparatului este de 2 kV.

de spirală. Uneori, rezistențele R_1 și R_2 sunt executate sub formă de potențiometru. Pentru echilibrarea punții, valorile rezistențelor R_1 și R_2 sunt schimbate cu ajutorul cursorului A.

Mai este posibilă și o altă variantă a punții reprezentată în fig. 60 b. În acest caz, R_1 și R_2 sunt rezistențe etalon, al căror raport $R_1 : R_2$ poate fi stabilit în mod diferit (de exemplu, 100 : 1, 10 : 1, 1 : 1, 1 : 10, 1 : 100, etc.), iar R_3 este o rezistență variabilă etalon prin variația căreia se echilibrează puntea.

Puntea din fig. 60 a dă măsurători destul de precise dacă relația $R_1 : R_2$ se află între 0,1 și 10. Cea mai mare precizie de măsurare corespunde cazului când $R_1 : R_2 = 1$. În general, pentru a obține rezultate mai precise este necesar ca toate brațele punții să aibă, aproximativ, aceeași rezistență.

Dacă puntea este alimentată cu un curent continuu, atunci se întrebuițează ca indicator conectat pe diagonală un galvanometru, cu zero la mijlocul scalei. Deoarece la începutul măsurării puntea poate fi mult dezechilibrată, trebuie micșorată sensibilitatea galvanometrului ca să nu se ardă din cauza curentului prea mare. În acest scop, galvanometrul este șuntat cu o rezistență variabilă, sau cu o rezistență fixă și un întrerupător (fig. 60 c și b). Când echilibrarea punții cu galvanometru șuntat este aproximativ făcută, șuntul este deconectat, adică este mărită sensibilitatea galvanometrului iar echilibrul se stabilește cu mai multă precizie.

Uneori, puntea este alimentată cu un curent alternativ care are o frecvență de câteva sute de hertzi. În acest caz este folosit ca indicator, un telefon. Echilibrul punții corespunde dispariției sau sunetului minim din telefon. Telefonul poate fi utilizat și în cazul alimentării punții cu un curent continuu; în acest caz echilibrul punții este determinat după dispariția sau după sunetul cel mai slab, al pocniturilor în telefon, la închiderea și deschiderea curentului sursei de alimentare cu ajutorul comutatorului.

CAPITOLUL VI

ELEMENTE ȘI ACUMULATORI

30. PRINCIPIUL DE FUNCȚIONARE A ELEMENTELOR GALVANICE

În locurile unde nu există rețele electrice, se întrebuințează pentru alimentarea instalațiilor de radio elemente galvanice și acumulatori, care se mai numesc și *surse chimice de curent*.

Cel mai simplu element galvanic se compune dintr-o placă de cupru și una de zinc (fig. 61) introduse într-o soluție de acid sulfuric. Datorită reacției chimice care se petrece între zinc și acidul sulfuric, se creează pe zinc un excedent de electroni. Electronii excedentari încarcă zincul negativ și în felul acesta el devine pol negativ. În același timp, soluția și placa de cupru introdusă în soluție se încarcă pozitiv. În urma acestui fapt se produce o f.e.m. de 1 V care se menține atâta timp cât circuitul este deschis.

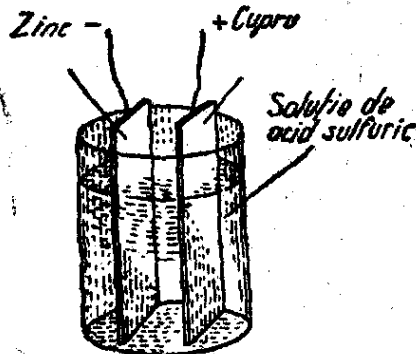


Fig. 61 — Cel mai simplu element galvanic

Închizând circuitul, prin el va trece curent, iar în interiorul elementului începe să se degaje hidrogen care acoperă suprafața plăcilor cu un strat de bule de gaz. Acest strat de bule de gaz împiedică circulația curentului și micșorează astfel tensiunea la poli elementului. Fenomenul se numește *polarizare*. Cu cât curentul este mai mare, cu atât polarizarea se manifestă mai

puternic și cu atît tensiunea elementului scade mai repede.

Pentru înlăturarea polarizării, sînt introduse în element substanțe capabile să absoarbă hidrogenul, care se numesc *depolarizatori*. În elementele galvanice moderne, ca depolarizator se folosește, în special, o substanță chimică numită peroxid de mangan.

Pentru ca tensiunea la poli să rămînă constantă, depolarizatorul trebuie să absoarbă repede hidrogenul care se formează în timpul funcționării elementului.

Absorbînd hidrogenul, depolarizatorul devine treptat inutilizabil. De obicei însă, se strică mai întîi electrolitul și placa de zinc, care sub acțiunea electrolitului este expusă coroziunii. În general, energia electrică din elemente se obține prin consumul de zinc, de electrolit și de depolarizatori, și de aceea fiecare element dispune de o anumită cantitate de energie, putînd funcționa un timp limitat.

Diferitele elemente sunt caracterizate de următoarele valori: forță electromotoare, curent maxim de descărcare și capacitate. Să analizăm mai amănunțit aceste valori.

Forța electromotoare este determinată de tipul elementului, adică de materialul din care sunt confecționați electrozii, de substanța electrolitului și a depolarizatorului. Ea nu este în funcție de dimensiunile elementului, adică de mărimea electrozilor, de cantitatea electrolitului și de cantitatea depolarizatorului. Cînd elementul este conectat la un circuit închis, tensiunea la bornele lui este întotdeauna ceva mai mică decît f.e.m. și scade atunci cînd crește curentul.

În timpul descărcării elementului, curentul nu trebuie să depășească o anumită valoare. Un curent prea mare cauzează un consum accelerat al zincului, iar tensiunea scade repede pînă la o valoare inadmisibil de mică. Același fenomen, într-o măsură însă mai mare, se petrece la scurtcircuitarea elementului, adică în cazul legării polilor acestuia cu un conductor cu rezistență mică. Nu este permisă scurtcircuitarea elementului. În niciun caz elementele nu vor fi încercate la „scînteie“, printr-o legătură între conductorii care pleacă dela poli.

La majoritatea elementelor, curentul de descărcare maxim admisibil este numai de câteva fracțiuni de amper. Cu cât dimensiunile elementului sînt mai mari, cu atît curentul de descărcare maxim va fi mai mare. Creșterea excesivă a acestui curent duce la slăbirea rapidă a elementului.

Capacitatea elementului reprezintă cantitatea de electricitate pe care o poate da elementul la o descărcare de curent care nu depășește curentul maxim admisibil. De obicei, capacitatea elementelor se măsoară în amperi-ore (Ah), adică prin produsul dintre mărimea curentului de descărcare în amperi și totalul orelor de lucru a elementului. Elementul este complet descărcat, dacă tensiunea la borne s-a micșorat cu aproximativ 50% față de valoarea inițială.

Un amper-oră înseamnă cantitatea de electricitate dezvoltată prin trecerea unui curent de 1 amper timp de o oră. Dacă elementul are, de exemplu, o capacitate de 20 Ah, iar curentul de descărcare este de 100 mA, adică de 0,1 A, elementul poate fi descărcat fără întrerupere timp de 200 ore, întrucît $200 \cdot 0,1 = 20$. Dacă curentul de descărcare va fi pe jumătate (50 mA), durata de descărcare se va dubla, adică va fi de 400 ore. Durata funcționării elementului poate fi determinată împărțind capacitatea exprimată în amperi-ore, la curentul de descărcare exprimat în amperi. Curentul nu trebuie să depășească valoarea maximă admisibilă.

Capacitatea elementului este în funcție de cantitatea de zinc, de electrolit și de depolarizator pe care o are. Cu cât dimensiunile elementului sînt mai mari, cu atît vor intra în acesta substanțe în cantități mai mari și deci și capacitatea lui va crește. Pe lîngă aceasta, capacitatea depinde într-o mare măsură de valoarea curentului de descărcare, de întreruperile din timpul descărcării, cît și de durata acestor întreruperi. Capacitatea normală a elementului corespunde curentului de descărcare maxim admisibil, la o descărcare fără întrerupere. Cînd curentul este sub valoarea maximă și cînd descărcarea are loc cu întreruperi, capacitatea se mărește, însă la

un curent peste cel maxim admisibil, capacitatea scade brusc. Datorită acestor situații, calculul duratei de funcționare a elementului pe baza capacității normale și a valorii curentului de descărcare, este totdeauna aproximativ.

31. TIPURI DE ELEMENTE

O întrebuințare excepțional de mare au căpătat-o elementele cu depolarizator din peroxid de mangan. Asemenea elemente sînt de trei tipuri: umede (în care se toarnă electrolit), uscate și semiumede. Aceste trei tipuri se aseamănă în ceea ce privește construcția. În ultimul timp, elementele umede și cu apă se întrebuințează rar.

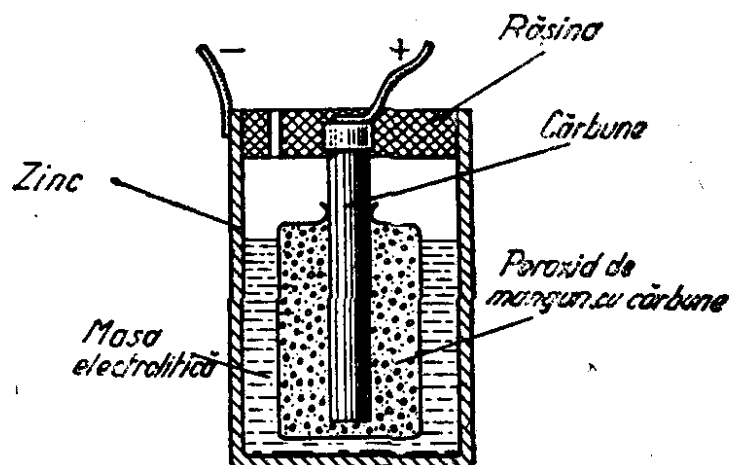


Fig. 62 — Construcția elementului uscat

Elementul uscat (fig. 62) se compune dintr-un vas de zinc cu formă dreptunghiulară sau cilindrică care servește ca electrod negativ. În interiorul acestui vas există un electrod pozitiv în formă de baston sau placă de cărbune, introdusă într-un saculeț umplut cu un amestec de peroxid de mangan și praf de cărbune sau grafit. Cărbunele sau grafitul este adăugat pentru a micșora rezistența. Întregul electrod pozitiv compus dintr-o bară de cărbune și din saculețul cu masă depolarizatoare se numește aglomerat.

De obicei amestecul de depolarizator este presat foarte tare. Saculețul este înfășurat pe dinafară cu un fir

de ață. Pentru a se evita posibilitatea scurtcircuitării între aglomerat și zinc, se pun în câteva locuri, pe firul de ață, mărgelile de sticlă sau se pun inele de cauciuc pe sac. De peretele vasului de zinc se lipește un conductor care formează polul negativ al elementului. Pe capătul superior al barei de cărbune se fixează un căpăcel de alamă sau de cupru, de care este lipit un conductor care servește ca pol pozitiv. Ca electrolit este folosită o masă gelatinoasă compusă din clorură de amoniu, amidon și alte câteva substanțe. În umplutura superioară de rășină care acoperă vasul, este un mic orificiu pentru ieșirea gazelor.

Tensiunea elementului uscat este ceva mai mică decât forța lui electromotoare de 1,5 V, fiind aproximativ 1,3 sau 1,4 V. Când descărcarea durează mai mult, tensiunea scade treptat, întrucât depolarizatorul, de obicei, nu reușește să absoarbă tot hidrogenul degajat. La sfârșitul descărcării, tensiunea este egală aproximativ cu 0,7 V.

Elementul semiumed are aceeași construcție, dar nu este umplut cu masă electrolitică, ci cu praf de clorură de amoniu și rumeguș de lemn. În afară de orificiul pentru ieșirea gazelor, în umplutura de rășină de deasupra, există o gaură mare cu dop prin care se toarnă apa necesară pentru punerea elementului în acțiune. Elementul uscat este bun de întrebuințat din momentul când este montat în fabrică, iar elementul semiumed începe să funcționeze numai după ce se toarnă apă în el.

În fiecare element în care există electrolit, chiar și în cazul când circuitul exterior este deschis, se produce o autodescărcare, datorită căreia electrodul de zinc se consumă, iar electrolitul și depolarizatorul slăbesc. De aceea, din cauza păstrării, elementul uscat devine cu timpul inutilizabil, iar electrolitul se usucă. Elementul semiumed, în care apa încă nu a fost turnată, poate fi păstrat timp îndelungat fără a se deteriora.

Elementele umede au un vas de sticlă cu o soluție de clorură de amoniu, în care se află un cilindru din zinc în foi și aglomerat. Când nu există clorură de

amoniu, poate fi folosită o soluție de sare de bucătărie obișnuită, dar care dă rezultate inferioare.

Nivelul electrolitului trebuie să fie în așa fel, încît $\frac{1}{3}$ sau $\frac{1}{4}$ din aglomerat să iasă deasupra nivelului electrolitului. Este bine să se adauge în electrolit și puțin zahăr, fără de care zincul și aglomeratul se murdăresc foarte mult cu cristale mici. Cînd elementele uscate sau cu apă se descarcă complet, aglomeratele lor mai pot încă funcționa și deaceia pot fi folosite la construirea elementelor umede.

În afară de elementele uscate obișnuite, se întrebuintează în prezent foarte multe elemente cu depolarizare de mangan și aer. Aceste elemente sînt construite ca și elementele uscate, ele însă au electrodul pozitiv confecționat în așa fel, încît în peroxidul de mangan să pătrundă aerul din afară prin canale speciale. Oxigenul din aer înlocuiește oxigenul pe care-l pierde peroxidul de mangan, și datorită acestui fapt depolarizarea poate dura mult mai mult și capacitatea elementului se mărește. În umplutura de rășină a elementului există orificii pentru aer, care în timpul funcționării elementului trebuie să fie deschise, iar cînd elementul nu este în funcțiune, orificiile trebuie astupate cu dopuri. Este interzis să se toarne apă în elemente. Forța electromotoare și curentul de descărcare maxim la elementele cu depolarizare cu mangan și aer este ceva mai mică decît la elementele uscate obișnuite; în schimb, capacitatea acestor elemente poate ajunge pînă la sute de amperi-oră.

32. LEGAREA ELEMENTELOR ÎN PARALEL (BATERIE)

La capitolul I ne-am ocupat de legarea în serie a elementelor, la care f.e.m. totală crește de atîtea ori cîte elemente sînt legate. În cazul legării în serie, curentul de descărcare maxim și capacitatea rămîn aceleași ca și la un singur element. Dacă, de exemplu sînt legate în serie patru elemente și fiecare are o f.e.m. de 1,5 V, o capacitate de 8 Ah, iar curentul de descărcare

maxim este de 100 mA, întreaga baterie va avea o f.e.m. de 6 V, o capacitate de 8 Ah și un curent de descărcare maxim de 100 mA. Legarea în serie a elementelor este folosită în cazurile când este nevoie de o f.e.m. mare.

Mai rar se întâlnește legarea în paralel, unde polii pozitivi ai tuturor elementelor sînt legați împreună, formînd polul pozitiv al bateriei, iar polul negativ al bateriei se obține prin legarea polilor negativi

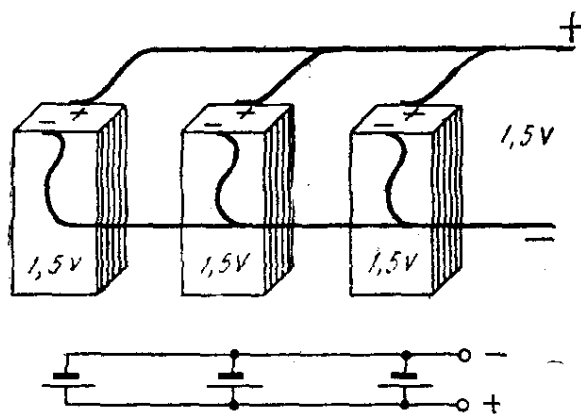


Fig. 63 - Legarea elementelor în paralel

ai tuturor elementelor (fig.63). La legarea elementelor în paralel, f.e.m. totală a bateriei nu se mărește, în schimb însă se mărește capacitatea și curentul de descărcare maxim. Deaceia, legarea în paralel este folosită atunci când este nevoie de un curent de descărcare mai mare și de o capacitate mai mare decît a unui singur element.

Să presupunem, de exemplu, că trei elemente cu o f.e.m. de 1,5 V, cu capacitate de 20 Ah și un curent de descărcare maxim de 200 mA, sînt legate în paralel. Bateria obținută va avea o f.e.m. de 1,5 V, o capacitate de 60 Ah și un curent de descărcare maxim de 600 mA.

De cele mai multe ori este folosită legarea mixtă, la care se mărește f.e.m., capacitatea și curentul de descărcare maxim. În acest caz, se leagă de obicei în paralel ctîeva grupe de elemente, iar în fiecare grupă sînt legate în serie atîtea elemente, de cîte

este nevoie pentru a obține f.e.m. necesară. Numărul total al grupului în paralel este determinat de valoarea necesară a curentului de descărcare maxim. Astfel, dacă este nevoie de o baterie cu o tensiune de 4 V și cu un curent de descărcare de 200 mA, dar avem elemente cu un curent de descărcare maxim de

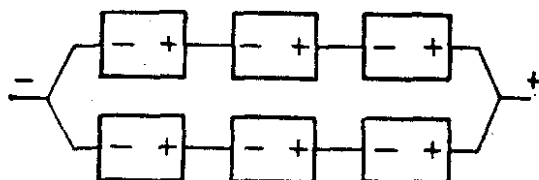


Fig. 64 — Legarea mixtă a elementelor

100 mA, în acest caz este nevoie de șase elemente care vor fi legate în două grupe în paralel, câte trei elemente legate în serie în fiecare grupă.

În acest caz, f.e.m. a bateriei va fi de 4,5 V, iar de la baterie se va putea obține un curent de 200 mA (fig. 64). În general, este bine ca bateriile să fie formate din elemente legate în serie și să aibă un curent de descărcare suficient. Numai în cazul când este nevoie de un curent și de o capacitate mai mari, se recurge la legarea mixtă. În afară de aceasta, conectarea elementelor suplimentare, după principiul legării mixte, poate fi folosită la ridicarea tensiunii bateriei, dacă elementele s-au descărcat prea mult.

În timpul când o baterie cu legare mixtă a elementelor nu se află în funcțiune, se recomandă ca grupele legate în paralel să fie desfăcute una de alta, întrucât datorită unei oarecari diferențe în mărime a f.e.m., o grupă se poate descărca în altă grupă.

33. ELEMENTE FABRICATE ÎN INDUSTRIE *)

Se fabrică tipuri diferite de elemente uscate și semi-umede. Notările lor convenționale se compun din cifre

*) Notațiile se referă la elementele și bateriile fabricate în U. R. S. S. (N. trad.)

C, dela cuvântul сухой (suhor) = uscat;

В „ „ вода (voda) = apă;

Л „ „ лета (leta) = vară;

Х „ „ холодостойкий (holodostoiki) = rezistent la frig.

У „ „ универсальный (universalnâi) = universal

și litere. Prima cifră arată dimensiunile elementului. Pentru notarea celei mai mici dimensiuni, deci, a celei mai mici capacități, se înscrie cifra 1; elementele cu dimensiuni maxime sînt notate cu cifra 6. După cifră urmează litera C, care înseamnă că elementul este uscat, sau litera B pentru elementele semiumede. Apoi urmează o literă care caracterizează limitele de temperatură în care poate funcționa elementul. Cu litera J sînt notate elementele „pentru vară”, care pot funcționa la o temperatură între -20 și $+60^{\circ}\text{C}$. Pentru iarnă există elemente rezistente la frig, notate cu litera X. Aceste elemente funcționează la temperaturi între -50 și $+40^{\circ}$. În sfîrșit, se mai fabrică și un al treilea tip de element, notat cu litera Y, adică elemente universale, care pot funcționa la temperaturi între -50 și $+60^{\circ}\text{C}$. La sfîrșitul notării elementului figurează o cifră care indică capacitatea elementului în Ah.

De exemplu, notarea 3C — J — 30 înseamnă că elementul este de tipul cu dimensiunea a treia, este uscat, pentru timp de vară, adică lucrează la o temperatură între -20 și $+60^{\circ}$ și are o capacitate de 30 Ah.

Elementele cu cea mai mică dimensiune (notate cu cifra 1) au o capacitate de aproximativ 3 Ah, iar elementele notate cu cifra 4 au o capacitate pînă la 37 Ah. Toate elementele uscate au o f.e.m. inițială de 1,5 V și o tensiune finală de 0,7 V. Elementele uscate nu trebuie păstrate în stare de nefuncționare înainte de întrebuințare mai mult de un an, în caz contrar, nu este garantată capacitatea lor de lucru. Totuși, chiar în cazul cînd un element este păstrat în asemenea condiții mai puțin de un an, are loc o oarecare scădere a capacității, dar nu mai mult decît cu o treime.

Toate elementele descrise mai sus sînt utilizate la alcătuirea bateriilor de încălzire a tuburilor de radio. În afară de aceasta, se fabrică în mod special pentru încălzirea tuburilor de radio, baterii uscate de tip BHC—100¹⁾ care au forma unor blocuri compuse din 12 elemente uscate legate în paralel. F.e.m. inițială a

1) BHC — baterie uscată pentru încălzire. (N. trad.)

unui astfel de bloc este de 1,5 V, capacitatea este de 100 Ah, iar curentul de descărcare maxim de 150 mA.

Elementele cu depolarizare cu mangan-aer se fabrică de două tipuri și anume: 3C—MBД și 6C—MBД. In aceste notări, prima cifră ne arată numărul convențional care caracterizează dimensiunea elementului, iar literele reprezintă prescurtarea cuvintelor „uscat, cu depolarizare de mangan-aer”. Elementele de primul tip au o capacitate de 45 Ah și un curent de descărcare maxim de 130 mA; elementele de cel de al doilea tip au o capacitate de 150 Ah, iar curentul maxim de descărcare ajunge pînă la 250 mA.

In ultimul timp se fabrică baterii de încălzire de tip БНC—MF Д —500, care se compun din patru elemente 6C—MBД legate în paralel. Aceste baterii au o capacitate de aproximativ 500 Ah și un curent de descărcare maxim pînă la 0,5 A. Se mai fabrică și baterii de tipul БНC—MB Д —130 și БНC—MB Д —400; aceste baterii au o capacitate de 130 respectiv, 400 Ah.

34. BATERII ANODICE

Bateriile anodice pentru alimentarea aparatelor de radio-recepție se fabrică de cîteva tipuri diferite. In notările acestor baterii se află de obicei la început literele БAC, ceea ce înseamnă „baterie anodică uscată”. Apoi urmează cifrele 160, 120, 90, 80, 70 sau 60, care indică tensiunea bateriei. Cele mai răspîndite sînt bateriile de 60 și 80 V. După aceasta urmează litera X sau Л sau Y care caracterizează limitele de temperatură în care poate funcționa bateria, iar la sfîrșit se află cifra care reprezintă capacitatea bateriei. De exemplu, notarea БAC — 80 — Л — 0,9 înseamnă: „baterie anodică uscată de 80 V, pentru timp de vară, adică pentru o temperatură care să nu fie mai mică de -20° , cu capacitate de 0,9 Ah.

Bateriile de tip БAC—80 au 60 de elemente; f.e.m. inițială a acestor baterii este de aproximativ 90 V. Tensiunea la sfîrșitul descărcării este de 60 V. In general, aceste baterii au borne pentru 60, 80 și 90 V. Bateria are o capacitate de aproximativ 1 Ah și un curent de descărcare maxim de 15 mA.

Bateriile de tip БАС—60 (fig. 65) se compun din 42 elemente, au f.e.m. inițială de 72 V și o tensiune finală de 40 V. Capacitatea acestor baterii variază între 0,5 și 1 Ah, curentul de descărcare maxim nu depășește 15 mA. Dacă în notarea bateriei mai figurează și litera Г, aceasta înseamnă că bateria este formată din elemente numite „galetă” cu electrozi plani și nu din

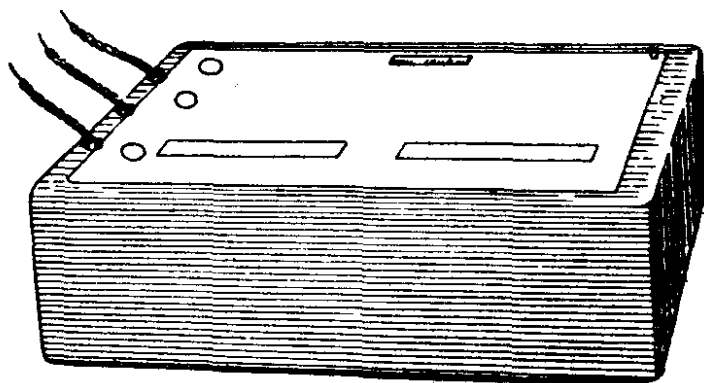


Fig. 65 — Baterie de tip БАС-60

elemente obișnuite cu vase cilindrice de zinc. Toate aceste baterii au borne pentru 40 și 60 V.

În afară de bateriile de tip БАС, care au o capacitate mică, se fabrică baterii anodice cu o capacitate mare, destinate să lucreze la temperatura camerei. Din această categorie fac parte bateriile de tip БС—70 și БС—Г—70. În aceste baterii sînt legate în serie 50 de elemente uscate cu o capacitate de 7 Ah și un curent de descărcare de 20 mA. Forța lor electromotoare inițială este de 75 V, iar tensiunea finală 35 V.

Se mai fabrică și baterii de tip БСГ—50—С—2,5 și БСГ—60—С—8 care au respectiv capacitățile 2,5 și 8 Ah.

Bateria anodică cu depolarizare mangan-aer de tip МБД—45 are cea mai mare capacitate. Această baterie se compune din 36 elemente și are o f.e.m. inițială de 50 V. Capacitatea bateriei este de 10 Ah, iar curentul de descărcare maxim este de 20 mA. Tensiunea la sfîrșitul descărcării scade pînă la 30 V.

Uneori, bateriile anodice sînt asamblate din cîteva baterii mici pentru lanterne de buzunar; în fiecare din

aceste baterii există cîte trei elemente uscate de acelaşi tip ca şi în bateriile de tip BAC.

Toate observaţiile referitoare la funcţionarea elementelor se aplică în totul şi bateriilor. Verificarea funcţionării bateriilor anodice, „la scînteie” nu este permisă întrucît scurtcircuitarea le dăunează foarte mult. Trebuie avut în vedere că la scăderea temperaturii, capacitatea oricărei baterii scade într-o anumită măsură. Totuşi, dacă bateria va fi din nou trecută într-o încăpere cu temperatură normală, capacitatea acesteia se restabileşte aproape în întregime.

Se recomandă ca la început, bateriile anodice să nu fie conectate la tensiunea totală, folosind în acest scop borne suplimentare. Astfel, bateria de tip BAC—80 trebuie mai întîi conectată cu borna de 80 V lăsînd borna de 90 V de rezervă. Cînd după o funcţionare mai îndelungată tensiunea bateriei va coborî pînă la 70 V bateria va fi conectată la borna de 90 V şi în acest caz se va putea obţine din nou o tensiune de 80 V.

35. ACUMULATORI CU PLUMB

În comparaţie cu elementele galvanice, acumulatorii au următoarele avantaje. Tensiunea lor este mai constantă şi pot da curenţi de descărcare mai mari. Durata de funcţionare a acumulatorilor este mult mai lungă decît a elementelor galvanice. Dacă acumulatorii sînt îngrijiţi cu atenţie, ei pot funcţiona bine cîteva ani.

Acumulatorii au un mare desavantaj prin faptul că trebuie încărcăţi periodic de la o sursă de curent continuu relativ puternică. De aceea, pentru alimentarea aparatelor de radio, acumulatorii se folosesc numai cînd există posibilităţi de încărcare.

Cel mai simplu acumulator cu plumb se compune din două plăci de plumb introduse într-o soluţie de acid sulfuric. În această stare acumulatorul nu dă nicio diferenţă de potenţial. Pentru ca în acumulator să ia naştere o f. e. m. el trebuie încărcat, adică prin acumulator trebuie făcut să treacă un curent continuu dela o sursă oarecare. În timpul încărcării, în acumulator se

produce descompunerea chimică a acidului sulfuric, la catod ¹⁾ se degajă hidrogen, iar la anod ²⁾ — oxigen. Oxigenul oxidează suprafața plăcii anodice și din această cauză placa anodică se acoperă cu un strat cenușiu de peroxid de plumb; placa catodică rămîne însă neatacată.

Astfel, se obține un element cu două plăci diferite cufundate în soluția de acid. Deconectînd acumulatorul dela sursa de încărcare se va constata că el are o f.e.m. și conectîndu-l la o rezistență exterioară, dă curent.

În timpul descărcării acumulatorului, sensul curentului este opus sensului curentului de încărcare. Deaceia, procesele chimice în timpul descărcării se petrec în ordine inversă: pe placa pozitivă se degajă hidrogen, iar pe placa negativă—oxigen. Datorită acestui fapt, după un timp oarecare ambele plăci devin la fel în ceea ce privește compoziția chimică, adică acoperite cu oxizi de plumb, și atunci f.e.m. scade pînă la zero. Reîncărcînd acumulatorul la o sursă, acesta va da din nou curent un timp anumit, apoi iar se va descărca.

În timpul încărcării se pare că acumulatorul înmagazinează energia electrică, iar în timpul descărcării o cedează. Insuși cuvîntul „acumulator“ vine de la cuvîntul a acumula. Energia electrică se acumulează nu direct în acumulator, ci prin crearea de noi substanțe chimice care se formează în timpul încărcării. Energia curentului de încărcare se consumă pentru crearea noilor substanțe, iar la descărcare aceste substanțe se descompun și redau aproape în întregime energia cheltuită pentru formarea lor. În mod normal, un acumulator dă aproximativ 75% din energia căpătată în timpul încărcării.

Acumulatorul de plumb are o f.e.m. de 2 V. Tensiunea de lucru poate fi socotită egală cu f.e.m. La sfîrșitul încărcării f.e.m. a acumulatorului se mărește pînă la 2,7 V însă la descărcare chiar de la început coboară repede pînă la 2 V, iar apoi se menține aproape constantă pînă la sfîrșitul descărcării. Numai la sfîrșitul de-

¹⁾ Catod = pol negativ. (N. trad.)

²⁾ Anod = pol pozitiv. (N. trad.)

scărcării f.e.m. scade destul de repede pînă la 1,8 V. Nu este îngăduit să se descarce acumulatorul sub această valoare a tensiunii.

Acumulatorul compus din două plăci de plumb nu este destul de util în practică. El are o capacitate prea mică și deci poate da curent un timp foarte scurt, întrucît grosimea stratului de peroxid de plumb care se obține în timpul încărcării, este foarte mic.

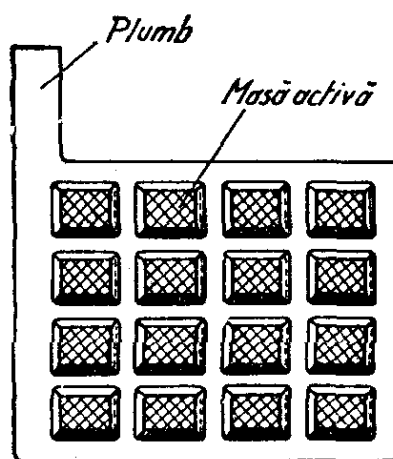


Fig. 66—Placa acumulatorului cu plumb

Plăcile acumulatorilor moderni nu se fabrică masive, ci în formă de grătare (fig. 66) și se umplu cu o masă activă compusă din oxid de plumb. Plăcile de acest fel măresc capacitatea acumulatorului. În afară de aceasta, pentru mărirea capacității se pun în acumulator nu două plăci, ci mai multe (de exemplu 5, 7 sau 9) numărul plăcilor negative fiind de obicei mai mare

cu unul față de cele pozitive. Fiecare placă pozitivă este așezată între două plăci negative (fig. 67). Datorită acestui fapt, suprafața tuturor plăcilor este folosită pe ambele părți; numai cele două plăci extreme nu participă cu ambele suprafețe la funcționarea acumulatorului. Pentru a se produce scurtcircuitarea plăcilor, între ele sunt prevăzute garnituri izolatoare. Plăcile negative sunt de obicei de culoare cenușie, iar cele pozitive, de culoare roșiatică-cafenie.

Electrolitul se prepară din acid sulfuric chimic pur și apă distilată sau apă din zăpadă. Un electrolit impurificat preparat dintr-un acid sau apă care conțin corpuri străine, poate defecta acumulatorul.

Electrolitul trebuie să aibă o densitate bine determinată, aproximativ egală cu 1,2. Aceasta se măsoară cu ajutorul areometrului, care este făcut dintr-un tub de sticlă sudat; în partea inferioară a acestui tub este o greutate, iar mai sus este fixată o scală

de hîrtie cu diviziuni care corespund diferitelor densităţi. Cu cît densitatea soluţiei este mai mică, cu atît areometrul coboară, mai jos în soluţie, plutind în poziţie verticală. Densitatea se citeşte după nivelul soluţiei.

La prepararea electrolitului, acidul va fi turnat în apă în formă de jet subţire, amestecînd mereu soluţia, cu ajutorul unei baghete curate de sticlă. Este interzis să se toarne apa în acid, căci în acest caz soluţia se încălzeşte foarte mult şi, chiar începe să clocotească împrôscînd stropi de acid care provoacă arsuri şi distruge îmbrăcămintea. În timpul cînd se lucrează cu acid, trebuie avut la îndemînă o soluţie a unei baze oarecare, de exemplu, o soluţie de sodă. Dacă stropii de acid au nimerit pe corp sau pe îmbrăcămintea, trebuie udat imediat cu această soluţie locul unde a pătruns acidul şi în felul acesta acidul este neutralizat.

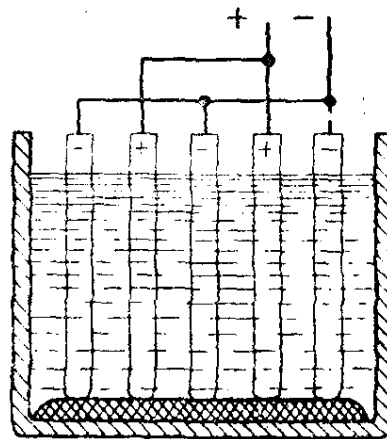


Fig. 67 — Principiul construcţiei acumulatorului cu mai multe plăci

Electrolitul trebuie turnat în acumulator în așa fel, încît nivelul electrolitului să fie ceva mai sus decît plăcile. Uneori, acumulatorul este acoperit deasupra cu un strat de rășină în care sînt prevăzute orificii pentru turnarea electrolitului. Orificiile sînt astupate cu dopuri de cauciuc în care există orificii mici pentru ieșirea gazelor.

Vasele acumulatorilor se confecționează din ebonită sau mase plastice. Pentru a feri acumulatorii de deteriorări, aceștia sînt așezați de obicei în cutii de lemn, care în prealabil trebuie să fie vopsite cu un lac de asfalt sau alt lac, care apără lemnul împotriva acțiunii acidului sulfuric. Bornele dela polii negativi și pozitivi sînt legate cu ajutorul unor sîrme groase de plumb la bornele fixate pe cutie. Unele tipuri de acumu-

latori se confecționează în formă de blocuri din masă plastică, fără cutii de lemn (fig.68).

Încărcarea acumulatorului se face la curent continuu. Polul pozitiv al acumulatorului, este conectat

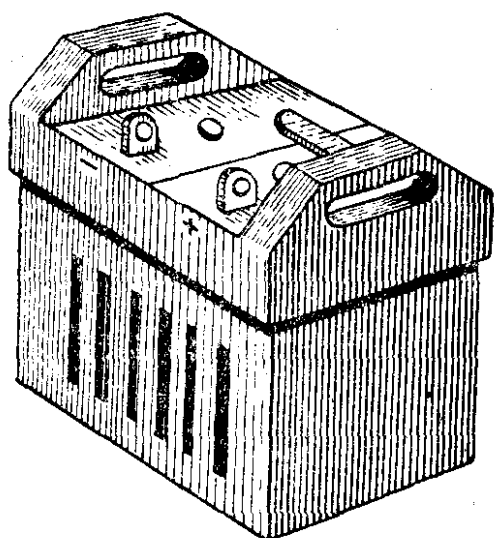


Fig. 68 — Acumulator cu acid, pentru iluminat

în timpul încărcării la polul pozitiv al sursei de încărcare, iar polul negativ, la polul negativ. Tensiunea sursei de încărcare trebuie să fie ceva mai mare decât f.e.m. a acumulatorului. Tensiunea excedentară este absorbită în reostat (adică în rezistența adițională), care este conectată la unul din conductorii care pleacă spre acumulator.

Pentru a controla valoarea curentului, se conectează un ampermetru. Curentul de încărcare nu trebuie să depășească $1/10$ din capacitatea acumulatorului (în Ah). De exemplu, curentul de încărcare maxim pentru un acumulator cu o capacitate de 40 Ah este de 4 A. La un asemenea curent încărcarea normală a acumulatorului durează de obicei 12 ore. Dacă încărcarea se face cu un curent mai mic, ceea ce este admisibil și chiar necesar, durata încărcării se mărește corespunzător. Când se încarcă un acumulator nou care nu a mai funcționat, încărcarea durează mai mult ; încărcarea trebuie repetată de câteva ori, alternînd încărcările cu descărcări în intervalele dintre încărcări. Regulele de încărcare sînt prevăzute în instrucțiunile anexate la acumulatori.

La un acumulator complet descărcat, la începutul încărcării, f.e.m. este de 1,8 V, iar la sfîrșitul încărcării ea se ridică, după cum știm, pînă la 2,7 V. La sfîrșitul încărcării se degajă bule de gaz în electrolit, care face impresia că „fierbe”. Dacă există un voltmetru, sfîrșitul încărcării poate fi constatat prin crește-

rea f.e.m. a acumulatorului pînă la 2,7 V. De obicei, acumulatorul este lăsat „să fiarbă” timp de 1-2 ore, după care se consideră că încărcarea este terminată.

Trebuie ținut seama că din acumulator se degajă hidrogen și oxigen al căror amestec este un gaz exploziv care explodează foarte ușor la scînteie și la flacără. De aceea, este interzis să se apropie obiecte aprinse de acumulatori.

În timpul descărcării acumulatorilor trebuie respectate următoarele reguli. Curentul de descărcare maxim nu trebuie să depășească $1/10$ din capacitatea acumulatorului. Trebuie evitată scurtcircuitarea acumulatorului care este și mai periculoasă decît la elementele galvanice. În caz de scurtcircuitare apare un curent foarte mare care defectează acumulatorii astfel: plăcile se scorojesc, desprinzîndu-se de pe ele masa activă care poate scurtcircuita plăcile. Bineînțeles că este interzis să se încerce acumulatorul „la scînteie”, legînd în scurtcircuit polii lui.

Dacă în timpul descărcării f.e.m. a scăzut pînă la 1,8 V cel mult, acumulatorul va trebui să fie trimis în termen de 24 ore la încărcare, deoarece în caz contrar, plăcile acumulatorului se vor acoperi cu un strat alb de sulfat de plumb. Acest strat diminuează mult capacitatea acumulatorului. Stratul de sulfat se îndepărtează foarte greu de pe plăci.

Acumulatorul se descarcă cu timpul, chiar și atunci cînd nu este în stare de funcțiune. Această autodescărcare se mărește, dacă în electrolit și în plăci există impurități dăunătoare. Acumulatorul se poate descărca, dacă izolația între borne nu este bună, dacă, de exemplu, bornele lui sunt fixate pe lemn impregnat cu acid, sau dacă stratul de smoală este acoperit cu acid. Este nevoie ca vasele să fie bine șterse și izolația dintre borne să fie în bună stare. O autodescărcare rapidă se mai întîmplă și în caz de scurtcircuitare între plăcile acumulatorului. Pentru a evita autodescărcarea completă a acumulatorului este necesar ca acumulatorul să fie încărcat odată pe lună, chiar dacă el nu s-a descărcat complet sau nu a funcționat. În general, nu se recomandă ca un acumulator încărcat să fie folosit

timp îndelungat. Acumulatorul trebuie descărcat, să se elimine acidul din el și să fie spălat bine cu apă.

Cînd nivelul electrolitului scade din cauza evaporării, se va adăuga apă distilată și nu acid. Toate bornele de plumb care ies din plăci trebuie unse cu vaselină, îndepărtînd în prealabil oxidările de pe ele. Acumulatorii trebuie feriți de murdărie și de pătrunderea prafului. Deasemenea, acumulatorii de plumb trebuie feriți de trepidații puternice și de lovituri. În timpul încărcării, din acumulatori se degajă vapori dăunători respirației. Deaceea, acumulatorii vor fi încărcăți în încăperi speciale.

Vom da în cele de mai jos o enumerare pe scurt a tipurilor de acumulatori cu acid, fabricați în industrie, pentru alimentarea aparatelor de radio.

Bateriile de acumulatori pentru încălzire se fabricau cu o capacitate de 40, 60 și 80 Ah, cu o tensiune de 2 sau 4 V, adică se compuneau din 1 sau 2 elemente. Acești acumulatori au notarea convențională „PH”, ceea ce înseamnă în limba rusă („Radionacalnie”) că servesc pentru încălzirea tuburilor de radio. Dacă o baterie se compune din 2 elemente, înaintea notării convenționale, figurează cifra 2. Litera П¹⁾ care figurează după litera H, ne arată că vasele sunt confecționate din masă plastică. La sfîrșitul notării se arată capacitatea în amperi-ore. Se fabrică și un nou acumulator de tip 3 HC—110 cu o tensiune de 6 V și o capacitate de 110 Ah; acesta este așezat într-un vas din masă plastică și servește pentru încălzirea tuburilor de radio.

Bateriile de acumulatori anodice care se fabricau, aveau în notările lor literele mari PA sau ПАДАН, ce înseamnă „radioanodice”. Înaintea acestor litere se indică numărul elementelor: 10, pentru baterii cu o tensiune de 20 V sau 40, pentru baterii cu o tensiune de 80 V. Capacitatea este arătată prin numărul care figurează la sfîrșitul notării. În ultimul timp acești acumulatori se fabricau cu vase de ebonită. Bateriile cu o tensiune de 80 V aveau o capacitate de 3 Ah, iar

¹⁾ Dela пластмасса (plastmasa = masă plastică. N. trad.)

bateriile cu o tensiune de 20 V aveau o capacitate de 5, 10 și 30 Ah. Bateriile de acumulatori anodice au un curent de descărcare maxim, reprezentînd de obicei $1/20$ sau $1/30$ din capacitate. În prezent, în locul acestora se fabrică acumulatori noi, mai perfecționați, în vase de ebonită sau din mase plastice, de tip AC, de 20 V, avînd o capacitate de 12 sau 20 Ah. De la acești acumulatori se poate obține un curent de descărcare mare (pînă la $1/10$ din capacitate).

36. ACUMULATORI ALCALINI

În comparație cu acumulatorii cu plumb, acumulatorii alcalini au următoarele avantaje: au o greutate mult mai mică, rezistă la trepidații și la izbituri, nu se defectează în caz de scurtcircuitare și nici în cazul unor curenți mari de încărcare și de descărcare și pot rămîne descărcați timp îndelungat. În schimb însă, acumulatorii alcalini sunt mai costisitori decît cei de plumb și au o f.e.m. mai mică. În timpul descărcării ei dau cel mult 65% din energia primită în timpul încărcării. În acumulatorii alcalini, ca electrolit este o soluție alcalină, (sodă caustică sau potasă caustică). Pentru acești acumulatori se întrebuintează vase de fier nichelate. Plăcile au forma unor rame de fier cu cutii plane din fier în foi subțiri, cu mai multe găuri. Aceste cutii sînt umplute cu masă activă, făcută pentru plăcile pozitive din oxid de nichel și grafit, iar pentru plăcile negative din oxizi de cadmiu și fier. Acumulatorii cu astfel de plăci poartă denumirea de acumulatori cu cadmiu-nichel. În afară de aceasta, mai există și acumulatori cu fier și nichel, la care masa activă diferă într-o anumită măsură în ceea ce privește compoziția și nu conțin cadmiu. Acumulatorii de aceste două tipuri au aproximativ aceleași proprietăți.

De obicei, plăcile pozitive sînt legate de vasul acumulatorului, iar plăcile negative sunt izolate de vas. Plăcile pozitive sunt puțin mai groase decît cele negative și sunt nichelate. În fiecare acumulator există o placă pozitivă în plus față de cele negative. Bateriile de acu-

mulatori se așează în cutii de lemn unde fiecare element este izolat. În fig. 69 este reprezentat un acumulator alcalin.

Elementele de acumulator sunt prevăzute cu dopuri de fier înșurubate ermetic, care apără electrolitul împotriva influenței dăunătoare a acidului carbonic din aer. Aceste dopuri sînt prevăzute cu supape speciale de cauciuc, care servesc pentru ieșirea gazelor. La elementele cu capacitate mică se întrebuițează dopuri de cauciuc. Densitatea electrolitului trebuie să fie de aproximativ 1,2.

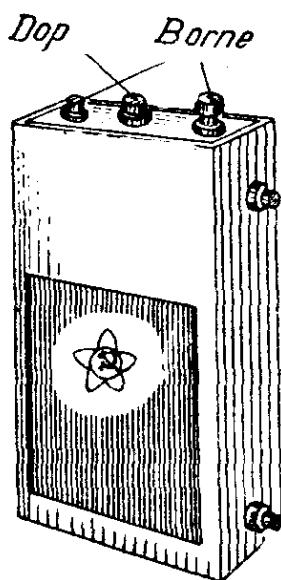


Fig. 69 — Acumulator alcalin

Acumulatorii alcalini au o f.e.m. mai mică decît cei cu plumb și mai puțin constantă. Valoarea pentru lucru poate fi considerată de 1,25 V. La începutul descărcării, f.e.m. ajunge la 1,4 V, iar cînd tensiunea scade pînă la

1 V, trebuie socotită descărcarea ca fiind terminată și acumulatorul trebuie încărcat din nou. Încărcarea normală a acumulatorilor alcalini durează șase ore, iar valoarea curentului trebuie să reprezinte $1/4$ din capacitatea acumulatorului. De exemplu, cînd capacitatea acumulatorului este de 10 Ah, el trebuie încărcat timp de șase ore la un curent de 2,5 A.

Curentul de descărcare normal va fi egal cu $1/8$ din capacitate și deci, descărcarea durează opt ore. Cu alte cuvinte, curentul de descărcare normal este de 50% față de curentul normal de încărcare. Totuși, acești curenți pot fi măriți. La nevoie este permisă încărcarea forțată în patru ore, în care caz acumulatorul este încărcat la început timp de $2\frac{1}{2}$ ore dela un curent dublu față de cel normal, apoi timp de $1\frac{1}{2}$ ore, dela un curent cu valoarea normală.

Cînd acumulatorul se descarcă cu un curent mic, plăcile lui devin mai puțin active și micșorează capacitatea. Deaceea se recomandă ca odată pe lună să se

facă o încărcare forțată. Această încărcare se face timp de 6 ore de la un curent normal, apoi timp de 6 ore de la un curent reprezentînd jumătate din valoarea normală, după care se face descărcarea normală.

„Fierberea” electrolitului din acumulatorii alcalini se petrece tot timpul cît durează încărcarea și deaceea acest fenomen nu poate servi ca un indiciu că încărcarea s-a terminat. Sfîrșitul încărcării se stabilește după durata încărcării și după valoarea f.e.m. a fiecărui element. Trebuie avut în vedere faptul că este mai bine ca un acumulator alcalin să fie supraîncărcat decît să nu fie încărcat suficient.

În timpul încărcării și timp de 2-3 ore după încărcare, dopurile trebuie să fie scoase dela acumulatori. Electrolitul din acumulatorii alcalini are o caracteristică: el formează mici cristale care acoperă pe dinăuntru toți pereții vasului și ies la suprafață murdărind bornele de la plăci. Pentru a evita acest lucru, în fiecare element trebuie adăugate cîteva picături de ulei de vaselină și unse cu vaselină toate piesele de pe capacul superior. Este necesar ca electrolitul să fie schimbat odată la șase luni.

Cînd acumulatorii alcalini funcționează la temperaturi joase sau înalte, pierd mult din capacitate. Pentru a micșora această pierdere a capacității pe timpul verii și în general la o temperatură de peste $+10^{\circ}$, se va utiliza ca electrolit o soluție de sodă caustică cu o densitate de 1,18. Se mai poate folosi și o soluție de potasă caustică cu o densitate de 1,17. În timpul marilor călduri se recomandă ca încărcarea să se facă seara sau noaptea. Electrolitul preparat iarna din sodă caustică la o temperatură sub 0° nu este recomandabil. Trebuie folosită potasa caustică, iar la o temperatură sub -10° , densitatea acestuia trebuie să fie de 1,3. Trebuie avut în vedere că soda caustică, ca și acidul poate provoca arsuri și distruge îmbrăcămintea. Pentru neutralizarea ei trebuie avut la îndemînă o soluție de acid boric, sau acid acetic.

Industria U.R.S.S. fabrică acumulatori alcalini de două tipuri: de tip HKH, ceea ce înseamnă „acumulator de încălzire de cadmiu-nichel” și de tip AKH,

adică „anodici cu cadmiu-nichel”. Acumulatorii de primul tip sunt fabricați cu elemente separate, de câte 10, 22, 45, 60 și 100 Ah, precum și cu baterii de aceeași capacitate și cu un număr diferit de elemente. În notările acestor acumulatori, înaintea literelor HKH este indicat numărul elementelor din baterie, iar la sfârșitul notării, capacitatea. De exemplu notarea 4HKH—60 înseamnă: „baterie cu patru elemente, cu o capacitate de 60 Ah”.

Acumulatorii anodici se fabrică numai de tip AKH—2,25 cu o capacitate de 2,25 Ah, în formă de elemente separate și pentru baterie de 40 V din 32 elemente, sau de 80 V din 64 elemente. În ultimul timp se fabrică acumulatori cu fero-nichel, unde în loc de literele KH, figurează în notări literele ЖH.

INCHEIERE

Toate cele expuse în broșura de față constituie baza pentru studiul radiotehnicii. Orice schemă de radio este o anumită îmbinare a mai multor circuite electrice, a căror funcționare poate fi înțeleasă numai dacă ne vom însuși temeinic legile fundamentale ale electrotehnicii.

Cele mai importante elemente ale schemelor de radio sunt diferitele bobine, condensatorii, rezistențele și transformatorii. Dacă cititorul a studiat cu atenție principiile funcționării și proprietățile pieselor de radio expuse în aceste pagini se va orienta cu ușurință asupra modului de funcționare a pieselor în schemele aparatajului de radio.

Toți radioamatorii începători trebuie să-și propună drept sarcină cunoașterea aprofundată a principiilor electrotehnicii și radiotehnicii și să le perfecționeze zilnic. Astfel, fiecare radioamator, care cunoaște bazele teoriei și știe să aplice cunoștințele teoretice în practică poate deveni un specialist prețios și poate aduce un aport important în radioficarea patriei sovietice.

Dăm mai jos o listă sumară a cărților și broșurilor care pot fi folosite pentru adâncirea cunoștințelor și pentru studiul teoriei și practicii în radiotehnică.

I. P. Jerebțov. Radiotehnica. Svezizdat, 1953.

A. D. Batracov și S. Chin. Radiotehnica elementară. Partea I. Aparat de recepție cu detector. Gosenergoizdat, 1951.

A. D. Batracov și S. Chin. Partea II. Aparat de recepție cu tuburi electronice. Gosenergoizdat 1952.

V. C. Labutin. Doresc să devin radioamator. Gosenergoizdat. 1949.

V. C. Labutin. Construcțiile cele mai simple de radioamator. Gosenergoizdat. 1949.

Z. B. Ghinzburg și F. I. Tarasov. Cartea radioamatorului începător. Gosenergoizdat. 1949.

Z. B. Ghinzburg și F. I. Tarasov. Lucrări practice pentru radioamator. Gosenergoizdat. 1949.

TABLA DE MATERII

	<u>Pag.</u>
<i>Prefață</i>	3
<i>Introducere</i>	4
Capitolul I. — Curentul electric	
1. Electronii și sarcinile electrice	7
2. Curentul electric și intensitatea curentului . . .	8
3. Măsurarea curentului	10
4. Tensiunea și unitățile ei	11
5. Măsurarea tensiunii	12
6. Sursele de curent	13
Capitolul II — Circuitul electric și legile lui	
7. Circuitul electric	17
8. Rezistența electrică	19
9. Legea lui Ohm	20
10. Legarea în serie	25
11. Legea lui Ohm pentru întregul circuit	27
12. Legarea în paralel	32
13. Puterea și lucrul mecanic al curentului	38
14. Acțiunea termică al curentului	43
15. Rezistențe, reostate și potențiometre	46
Capitolul III — Fenomene electromagnetice	
16. Magneții permanenți și proprietățile lor	51
17. Electromagneții și aplicarea lor	54
18. Inducția electromagnetică	58
Capitolul IV — Curentul alternativ și aplicațiile lui	
19. Noțiunea de curent alternativ	63
20. Perioada și frecvența curentului alternativ . . .	66
21. Curent pulsatoriu	67
22. Decalajul de fază la curenții alternativi	70
23. Curenți alternativi complecși	71
24. Bobine	74
25. Transformatori și autotransformatori	86
26. Condensatori	91

Capitolul V — Aparate electrice de măsurat

27. Proprietățile generale ale aparatelor electrice de măsurat	105
28. Categoriile principale de aparate electrice de măsurat	109
29. Măsurarea rezistențelor	115

Capitolul VI — Elemente și acumulatori

30. Principiul de funcționare a elementelor galvanice	121
31. Tipuri de elemente	124
32. Legarea elementelor în paralel (baterie)	126
33. Elemente fabricate în industrie	128
34. Baterii anodice	130
35. Acumulatori cu plumb	132
36. Acumulatori alcalini	139
<i>Incheiere</i>	143

Redactor de carte: Ing. Constantinescu Ion;
Tehnoredactor: Vasilescu C.;
Corector: Ianculescu D. și Ing. Constantinescu Ion

Dat la cules: 17.02.1954. Bun de tipar: 17.04.1954. Tiraj: 8.000+100. Hârtia: s. micelină 65 gr./m². Ft. 84×108/32. Coli tipografice: 4,5. Coli editoriale: 7. Prețul unui exemplar lei 2. Comanda 668. A.: 0593/1954. Pentru bibliotecile mari indicele de clasificare zecimală 621.3.01. Pentru bibliotecile mici: 621.

Tiparul executat la Intreprinderea Poligrafică Craiova, B-dul
Mihai Viteazul Nr. 4, Craiova — R. P. R.